



**João Pedro Barata de Sousa**

Licenciatura Engenharia Automação, Controlo e Instrumentação.

## **Modelo de língua natural e transformação em modelo de LGP**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Electrotécnica, Sistemas e Computadores

Orientador: Tiago Oliveira Machado Figueiredo Cardoso, Professor Auxiliar, FCT

Júri:

Presidente: Pedro Miguel Ribeiro Pereira

Arguentes: Yves Philippe Rybarczyk

Vogais: Tiago Oliveira Machado de Figueiredo Cardoso



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro, 2014**



### **Modelo de língua natural e transformação em modelo de LGP**

Copyright © João Pedro Barata de Sousa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



*Dedicado ao esforço realizado e por realizar...*



## Agradecimentos

*Agradeço a mim e aos meus pelo esforço comum.*





## Resumo

---

A comunicação entre ouvintes e não ouvintes é uma barreira existente entre indivíduos das duas comunidades. Este facto cria grande dificuldade nas relações entre ambas, mesmo quando existem grandes laços afectivos, como por exemplo o caso da relação entre pais e filhos.

Neste trabalho propõe-se uma solução que pretende contribuir para aproximar estas duas comunidades através de um elemento que permita a tradução da Língua Portuguesa para a Língua Gestual Portuguesa.

Trata-se de um modelo humanoide – um avatar – capaz de representar em Língua Gestual Portuguesa os gestos correspondentes a um texto em Língua Portuguesa, depois de um processo de tradução da primeira na segunda. O trabalho realizado foi validado com o desenvolvimento de um protótipo, seguido de teste do mesmo.

Com este trabalho pretende-se dar uma contribuição para a aproximação das duas comunidades – de ouvintes e não ouvintes.

**Palavras-chave:** Língua Gestual, Modelação Língua Natural, Modelação Língua Gestual, Animação Avatar 3D.

---



## Abstract

---

The communication between the hearing and non-hearing (deaf) community is a great barrier for the individuals from those communities. This fact, creates a major difficulties in the relationships of those people, even when there are strong bonds, like in the case of parents and their children.

It is proposed in this work a solution that tries to contribute in the approximation of these two communities through an element that is able to perform a translation from Portuguese Language to Portuguese Gesture Language.

It's a humanoid model - an avatar - capable of representing the Portuguese Gesture Language corresponding to a text in Portuguese Language, after the translation process from the first to the second. The work developed was validated with the development of a prototype, followed by tests on it.

With this work it's intended to contribute in the approximation of these two communities - the hearing and non-hearing.

**Keywords:** Gesture Language, Natural Language Modelation, Gesture Language Modelation, 3D Avatar Animation.

---



## Lista de Acrónimos

---

**LGP** – Língua Gestual Portuguesa

**LP** – Língua Portuguesa

**LPInterpreter** – Língua Portuguesa Interpreter

**LP2LGP** – Língua Portuguesa para Língua Gestual Portuguesa

**GGLGP** – Gerador de gestos em Língua Gestual Portuguesa

**UML** – Unified Modeling Language

**GUI** – Graphical User Interface

---





# Conteúdo

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO/MOTIVAÇÃO -----</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ESTADO DA ARTE -----</b>	<b>3</b>
2.1.	TECNOLOGIAS DE TRADUÇÃO PARA LÍNGUA GESTUAL E REPRESENTAÇÃO EM MODELOS VIRTUAIS	3
2.2.	CONFIGURAÇÃO DO GESTO NA LGP .....	5
2.2.1.	<i>Configuração da mão.....</i>	5
2.2.2.	<i>Orientação da mão.....</i>	6
2.2.3.	<i>Local da articulação.....</i>	6
2.2.4.	<i>Movimento da articulação.....</i>	7
2.2.5.	<i>Expressão facial/corporal .....</i>	7
2.3.	ORIENTAÇÕES PARA A TRADUÇÃO PARA LGP .....	8
2.4.	CONCLUSÃO DOS ESTUDOS DO ESTADO DA ARTE .....	10
<b>3.</b>	<b>PROPOSTA -----</b>	<b>11</b>
3.1.	INTRODUÇÃO À PROPOSTA .....	12
3.1.1.	<i>Language Expert.....</i>	12
3.1.2.	<i>Gesture Animation.....</i>	13
3.1.3.	<i>Estrutura global .....</i>	15
3.2.	DESCRIÇÃO DA PROPOSTA .....	16
3.2.1.	<i>Modelação de alto nível (pontos de entrada no sistema) .....</i>	16
3.2.2.	<i>Modelação do comportamento de alto nível.....</i>	17
3.2.3.	<i>Módulo LPInterpreter.....</i>	19
3.2.4.	<i>Módulo LP2LGP.....</i>	32
3.2.5.	<i>Módulo GGLGP.....</i>	36
3.2.6.	<i>Módulo Avatar3D.....</i>	41



<b>4.</b>	<b>VALIDAÇÃO-----</b>	<b>47</b>
4.1.	<i>Módulo LPInterpreter .....</i>	<i>48</i>
4.2.	<i>Módulo LP2LGP.....</i>	<i>50</i>
4.3.	<i>Módulo GGLGP .....</i>	<i>52</i>
4.4.	<i>Módulo Avatar3D.....</i>	<i>53</i>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS -----</b>	<b>54</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS-----</b>	<b>57</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS-----</b>	<b>59</b>
7.1.	TABELA DOS CAMPOS DAS <i>CLASSES</i> DO MÓDULO LPINTERPRETER .....	59
7.2.	TABELA DOS MÉTODOS DAS <i>CLASSES</i> DO MÓDULO LPINTERPRETER.....	60
7.3.	TABELA DAS COLUNAS DAS TABELAS DAS BASES DE DADOS .....	61
7.4.	TABELA DOS CAMPOS DA <i>CLASS</i> DO MÓDULO LP2LGP .....	63
7.5.	TABELA DOS MÉTODOS DAS <i>CLASSES</i> DO MÓDULO LP2LGP .....	63



## Lista de Figuras

FIGURA 2.1 - CONFIGURAÇÕES DA MÃO 1 DE 2.....	5
FIGURA 2.2 - CONFIGURAÇÕES DA MÃO 2 DE 2.....	5
FIGURA 2.3 - GESTO ENTRAR / GESTO SAIR EM LGP.....	6
FIGURA 2.4 - LOCAIS DE ARTICULAÇÃO EM LGP .....	6
FIGURA 2.5 - GESTO AMAR / GESTO DOENTE, DIFERENCIAÇÃO EM FUNÇÃO DO LOCAL DA MÃO .....	6
FIGURA 3.1 - DIAGRAMA DO MÓDULO LANGUAGE EXPERT .....	13
FIGURA 3.2 - DIAGRAMA DO MÓDULO GESTURE ANIMATION .....	14
FIGURA 3.3 - DIAGRAMA DA ARQUITECTURA INTEGRADA DOS MÓDULOS DA APLICAÇÃO .....	15
FIGURA 3.4 - DIAGRAMA DE CASOS DE USO DO SISTEMA.....	16
FIGURA 3.5 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DA APLICAÇÃO.....	17
FIGURA 3.6 - DIAGRAMA DE CLASSES DO MÓDULO LPINTERPRETER .....	19
FIGURA 3.7 - ENUMERADORES DE <i>CLASS</i> LPCARACTER .....	21
FIGURA 3.8 - DIAGRAMA DE ENUMERATOR LPPALAVRA.....	22
FIGURA 3.9 - ENUMERADOR DA <i>CLASS</i> LPFRASE.....	22
FIGURA 3.10 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DO MÓDULO LPINTERPRETER .....	25
FIGURA 3.11 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA ANALISACARACTER .....	26
FIGURA 3.12 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA LPPALAVRA .....	27
FIGURA 3.13 - DIAGRAMA DE TABELAS DA BASE DE DADOS DB_LPINTERPRETER.....	28
FIGURA 3.14 - <i>CLASS</i> FRASELGP DO MÓDULO LP2LGP .....	32
FIGURA 3.15 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA LP2LGP.....	34
FIGURA 3.16 - DIAGRAMA DE <i>CLASS</i> GESTOCONFIG DO MÓDULO GGLGP .....	36
FIGURA 3.17 - DIAGRAMA DE ENUMERADORES GGLGP .....	37
FIGURA 3.18 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA GETGESTOCONFIG DO MÓDULO GGLGP .....	39
FIGURA 3.19 - DIAGRAMA DE HIERARQUIZAÇÃO DOS OSSOS DO ESQUELETO DO AVATAR.....	42
FIGURA 3.20 - DIAGRAMA DE CLASSES AVATARCONFIG DO MÓDULO AVATAR3D .....	43
FIGURA 3.21 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA GETAVATARCONFIGURATION DO MÓDULO AVATAR3D .....	44

FIGURA 3.22 - DIAGRAMA DE TABELA DA BASE DE DADOS DB_AVATARCONFIG .....	45
FIGURA 4.1 - APRESENTAÇÃO DO INTERPRETE REALIZANDO UMA CONFIGURAÇÃO DO GESTO LGP .....	53

## Lista de Tabelas

TABELA 2.1 - TABELA DE MOVIMENTOS DE ARTICULAÇÃO EM LGP -----	7
TABELA 2.2 - ESQUEMATIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE DETERMINANTES EM LGP-----	9
TABELA 3.1 - TABELA DEMONSTRATIVA DA LISTA DE CONFIGURAÇÃO DO GESTO "MESA" -----	40
TABELA 4.1 - RELATÓRIO DE ANÁLISE MORFOLÓGICA-----	49
TABELA 4.2 - DEMONSTRAÇÃO DE APLICAÇÃO DE REGRAS DE TRADUÇÃO PARA LGP -----	50
TABELA 4.3 - RELATÓRIO DE CONFIGURAÇÃO DE GESTOS -----	52
TABELA 7.1 - TABELA DE CAMPOS DAS <i>CLASSES</i> DO MÓDULO LPINTERPRETER -----	60
TABELA 7.2 - TABELA DE MÉTODOS DAS <i>CLASSES</i> DO MÓDULO LPINTERPRETER -----	60
TABELA 7.3 - TABELA DE COLUNAS DAS TABELAS DAS BASES DE DADOS-----	62
TABELA 7.4 - TABELA DOS CAMPOS DA <i>CLASS</i> DO MÓDULO LP2LGP -----	63
TABELA 7.5 - TABELA DE MÉTODOS DAS <i>CLASSES</i> DO MÓDULO LP2LGP -----	63





## 1. Introdução/Motivação

A dissertação de mestrado presente pretende apresentar uma proposta de solução para uma aplicação informática que seja capaz de representar num ambiente gráfico 3D um avatar que comunique com o utilizador através da Língua Gestual Portuguesa. Esta aplicação pretende aproximar as comunidades de ouvintes e não ouvintes (surdos).

Os entraves à comunicação entre estas duas comunidades são permanentes, pois, em norma, apenas sujeitos não ouvintes têm conhecimento da Língua Gestual Portuguesa. Existem também barreiras de comunicação frequentes com familiares e amigos de pessoas das diferentes comunidades que necessitem da Língua Gestual.

O facto de a Língua Gestual Portuguesa ser reconhecida como língua natural da comunidade de não ouvintes, é reconhecido também que existe grande disparidade de conhecimento da Língua Gestual Portuguesa. Este facto deve-se em grande parte ao tardio contacto com a Língua Gestual Portuguesa, existindo também casos em que não existe qualquer contacto com a Língua Gestual Portuguesa.

A solução proposta tenta criar um elemento de aproximação das comunidades de ouvintes e não ouvintes onde haja necessidade de comunicação/partilha de informação. Esta proposta poderia ser utilizada como dicionário (Gestuário) para a Língua Gestual Portuguesa, tradutor de Língua Portuguesa escrita para Língua Gestual Portuguesa ou mesmo como elemento para a aprendizagem da Língua Gestual Portuguesa.

O acompanhamento do projecto Kinect-Sign em desenvolvimento na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, que pretende ser uma aplicação para a aprendizagem da Língua Gestual Portuguesa apresentou carência de elementos de comunicação com o utilizador em Língua Gestual Portuguesa. Neste sentido surgiu a ideia de criar um elemento animado que comunique com o utilizador em Língua Gestual Portuguesa.

Pretende-se, portanto que a solução aqui proposta seja uma grande mais valia para as comunidades de ouvintes e não ouvintes.





## 2. Estado da Arte

A secção estado da arte do presente documento disponibiliza informação considerada relevante referente ao estudo da Língua Gestual Portuguesa e apresentação em interprete num ambiente gráfico em 3D. Este estudo tornou-se necessário, por forma a elaborar a presente proposta de representação de Língua Gestual Portuguesa num avatar. Este capítulo aborda os seguintes temas:

- Levantamento de soluções tecnológicas existentes no mercado com o semelhante propósito ou de alguma forma ligado ao objectivo do trabalho.
- Levantamento de mecanismos de descrição de gestos em língua gestual, em particular na LGP, necessários à realização do trabalho a ser desenvolvido.
- Descrição de regras gramaticais de tradução de Língua Portuguesa para Língua Gestual Portuguesa
- Representação gráfica em 3D de humanoide/avatar.

### **2.1. Tecnologias de tradução para Língua gestual e representação em modelos virtuais**

No estudo do panorama actual dentro deste ramo tecnológico foram encontrados diversos serviços e aplicações dedicados à comunicação ou aprendizagem da Língua Gestual e em apenas um dos casos verificou-se a existência da Língua Gestual Portuguesa em [4].

### **Spread the sign**

O sítio de internet [4] apresenta-se como um dicionário internacional para as Línguas Gestuais, cobrindo as diversas línguas gestuais existentes, traduzindo palavras e letras do alfabeto para os respectivos gestos. O método utilizado neste projecto para representação dos gestos é feito pela ilustração de uma fotografia previamente gravada ou um video de um interprete a realizar o gesto. Este tipo de abordagem aqui adoptado não permite criação de novos videos ou fotografias dos gestos na Língua Gestual Portuguesa sem necessidade de pegar na câmara de filmar e gravar o gesto referente à palavra.

### **SiSi**

O projecto Say-it-Sigh-it (SiSi) desenvolvido pela IBM em 2007 executa a tarefa de tradução do inglês falado para a *British Sign Language*. Nesta solução a IBM utiliza um analisador de voz, em inglês, que transforma a voz para o texto escrito que posteriormente é utilizado para apresentação dos gestos num avatar em *British Sign Language*. O interprete adoptado nesta aplicação é um avatar em 3D, o que confere grande configurabilidade de movimentos ao modelo.

### **Pro-Deaf**

O Pro-Deaf é uma aplicação proveniente do Brasil disponível gratuitamente para a plataforma *Android* que traduz voz e texto em Português (do Brasil) para Libras, Língua Brasileira de Sinais. A aplicação encontra-se disponível para telemóvel, utilização em páginas da internet ou utilização no *desktop* com recurso à internet. Também utiliza um avatar interprete da Língua Gestual Brasileira.

### **Icommunicator**

O iCommunicator é uma solução que executa a tradução em tempo real do texto em inglês, escrito ou falado. Tem a possibilidade de tradução de:

Inglês falado para texto.

Inglês falado ou escrito para Video Língua Gestual (American Sign Language).

Inglês falado ou escrito para voz computarizada.

## 2.2. Configuração do gesto na LGP

O estudo da Língua Gestual por parte do linguísta William Stokoe, na década de 60 do séc. XIX representou um ponto de viragem no estatuto das línguas gestuais, passando de uma representação mímica da realidade para ser considerado como um sistema linguístico, sendo possível a sua análise de forma válida e rigorosa. Segundo este linguísta [3], a língua Gestual é formada por cinco unidades de configuração do gesto: a configuração da mão, o local da articulação, orientação da mão, movimento da mão e expressão facial/corporal.

### 2.2.1. Configuração da mão

A configuração da mão na língua gestual está relacionada com as diferentes posições que os dedos podem adotar. A mão dominante (mão direita para destros e esquerda para esquerdinos) e a mão não-dominante podem adotar as configurações das mãos reunidas no alfabeto dactilológico. As Figura 2.1 e Figura 2.2 apresentam a maior parte das configurações deste alfabeto.

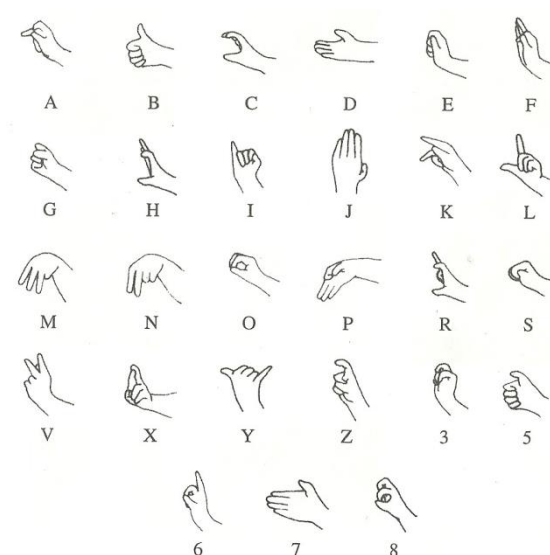


Figura 2.1 - Configurações da mão 1 de 2



Figura 2.2 - Configurações da mão 2 de 2

As configurações da mão apresentadas não representam a totalidade de configurações disponíveis para utilização na várias línguas gestuais.

### 2.2.2. Orientação da mão

A orientação da mão na língua gestual refere-se, como o nome indica, à orientação da palma da mão. Em alguns casos, como no caso do par ENTRAR/SAIR, a orientação da mão permite identificar o sentido do gesto.

Na Figura 2.3 à esquerda, o gesto ENTRAR. À direita, o gesto SAIR.

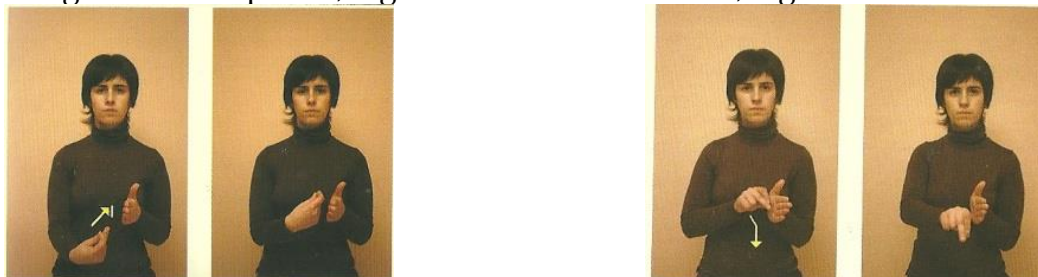


Figura 2.3 - Gesto ENTRAR / Gesto SAIR em LGP [3]

### 2.2.3. Local da articulação

O local da articulação na língua gestual identifica as partes anatómicas do corpo do gestuante em que a mão pode entrar em contacto na língua gestual. A Figura 2.4 identifica os locais da posição da articulação. A Figura 2.5 apresenta um exemplo da diferenciação dos gestos pela localização da articulação.



Figura 2.4 - Locais de articulação em LGP [3]

Figura 2.5 - Gesto AMAR / Gesto DOENTE, diferenciação em função do local da mão [3]



#### 2.2.4. Movimento da articulação

O movimento da articulação na língua gestual refere-se à caracterização da deslocação das mãos do gestuante. O movimento da articulação pode não estar presente na língua gestual. Os movimentos de articulação identificados estão descritos na Tabela 2.1:

**Tabela 2.1 - Tabela de movimentos de articulação em LGP**

-AUSENTE	-ONDULAR
-APONTAR	-RASPAR
-INDICAR	-TORCER
-BATER	-EM ZIGUE ZAGUE
-TOCAR	-EM ESPIRAL
-CURVAR	-BAIXO para CIMA
-CRUZAR	-CIMA para BAIXO
-DEDILHAR	-ESQUERDA para DIREITA
-DOBRAR ou FLECTIR	-DIREITA para ESQUERDA
-ENGANCHAR	-FRENTE para FUNDO
-FRICCIONAR	-FUNDO para FRENTE
-INSERIR	

#### 2.2.5. Expressão facial/corporal

Por fim, a expressão facial ou corporal adoptada pelo gestuante nas línguas gestuais é imprescindível quando é necessário dar sentimento ao que está a ser gestualizado. Ao parâmetro da expressão facial ou corporal estão associados sentimentos de tristeza, medo, vergonha, dúvida, admiração. Quando usados sem elementos manuais pode significar interrogação, exclamação, negação ou afirmação.

## 2.3.Orientações para a tradução para LGP

O levantamento das regras de tradução da Língua Portuguesa para a Língua Gestual Portuguesa tem por base a referência bibliográfica [1], onde é indicada a existência de fenómenos morfológicos presentes nas seguintes classes gramaticais: nome, determinante artigo, pronome pessoal, numeral e verbo.

### 2.3.1. Tradução dos Nomes para LGP

A flexão do género dos nomes ou substantivos apenas é marcada em Língua Gestual Portuguesa quando seja necessário explicitar o sexo dos seres animados. Caso contrário não existe marcação do género na frase em Língua Gestual Portuguesa.

Quando é necessário fazer a marcação do género, este aparece marcado por:

#### a) Por prefixação

Marcação do género por prefixação, exemplos:

Língua Portuguesa	->	Língua Gestual Portuguesa
gato	->	GATO
gata	->	MULHER + GATO

#### b) Por gestos diferente

Marcação do género por prefixação, exemplos:

Língua Portuguesa	->	Língua Gestual Portuguesa
boi	->	BOI
vaca	->	VACA
galo	->	GALO
galinha	->	GALINHA

A flexão do **número** apenas aparece marcada na Língua Gestual Portuguesa no caso em que o nome seja plural.

No caso da flexão do número aparece marcado através de um dos quatro métodos:

- a) Pluralização por incorporação
 

Língua Portuguesa	->	Língua Gestual Portuguesa
Muitos rapazes	->	RAPAZ + MUITO
  
- b) Pluralização por incorporação do numeral
 

Cinco Objectos	->	OBJECTO + CINCO
----------------	----	-----------------
  
- c) Repetição de movimentos
 

Árvores	->	ÁRVORE + ÁRVORE + ÁRVORE
---------	----	--------------------------
  
- d) Pluralização por redobro do gesto
 

Mão não dominante faz o redobro do gesto executado pela mão dominante.

### 2.3.2. Tradução dos Determinantes para LGP

A marcação do determinante na Língua Gestual Portuguesa apenas aparece quando há necessidade de indicar uma pessoa já mencionada na conversa.

Quando é necessária a utilização de determinantes existem três formas de indicar a presença dos determinantes na frase:

Com recurso a uma só mão, ou com recurso à mão não dominante que é executada em simultâneo com a mão dominante.

A Tabela 2.2 esquematiza a utilização de determinantes.

**Tabela 2.2 - Esquematização da utilização de determinantes em LGP**

Uso das mãos	Ordem de realização dos gestos
Só mão dominante	ARTIGO NOME VERBO
	NOME ARTIGO VERBO
As duas mãos em simultâneo	Mão não dominante → ARTIGO VERBO
	Mão Dominante → NOME

### **2.3.3. Tradução dos Pronomes Pessoais para LGP**

Os pronomes pessoais em Língua Gestual Portuguesa são sempre produzidos pelo gesto de apontar para a pessoa. É necessária a presença de pessoa junto do gestuante.

### **2.3.4. Tradução do Numeral para LGP**

A incorporação do numeral na Língua Gestual Portuguesa serve para indicar uma quantidade exacta de pessoas ou coisas, ou quando é para assinalar o lugar que elas ocupam numa sequência. A sua utilização deve ser feita recorrendo aos gestos referentes aos números na Língua Gestual Portuguesa.

### **2.3.5. Tradução do Verbo para LGP**

A utilização do tempo verbal é feita pela utilização de advérbios ou expressões adverbiais temporais. A representação do gesto referente ao verbo é idêntica para todos os tempos verbais do verbo.

## **2.4. Conclusão dos estudos do estado da arte**

O estudo prévio efectuado e apresentado neste capítulo mostram as bases de inspiração no desenvolvimento da proposta apresentada. A configuração do gesto na Língua Gestual segundo os parâmetros descritos em 2.2 mostram uma forma sintetizada de uma combinação específica destes parâmetros.

As regras de tradução para LGP identificadas em 2.3 mostram que a aplicação das regras de tradução depende das classes gramaticais das palavras e não de alguma característica difusa ou pouco clara.

Os estudos apresentados anteriormente mostram que a Língua Gestual obedece a regras e normas, o que permite idealizar uma solução que é proposta no seguinte capítulo.





### **3. Proposta**

A proposta para o projecto de tese de mestrado que é apresentada neste documento visa apresentar uma solução para a problemática na comunicação entre indivíduos da comunidade ouvinte de Língua Portuguesa (LP) e indivíduos não-ouvintes que se expressão em Língua Gestual Portuguesa (LGP). A solução apresentada permitirá a “tradução” da Língua Portuguesa para a Língua Gestual Portuguesa. A apresentação da Língua Gestual Portuguesa é feita através de um modelo humanoide em 3D que executará os gestos da Língua Gestual Portuguesa. No processo de tradução da Língua Portuguesa é proposta, para melhor compreensão do sentido da frase, a execução de uma análise morfológica das palavras e uma análise sintática da frase. A análise morfológica na gramática portuguesa corresponde a uma análise das palavras independentemente do seu contexto na frase. A análise sintáctica da frase na gramática portuguesa permite realizar uma análise às palavras de uma frase tendo em conta o seu contexto na frase.

### 3.1.Introdução à proposta

A solução proposta passa pela criação de uma aplicação informática que mediante a introdução de um texto escrito em Língua Portuguesa execute a tradução para Língua Gestual Portuguesa. A aplicação informática descrita neste documento analisa o texto introduzido pelo utilizador, traduz para a Língua Gestual Portuguesa e apresenta, sob a forma de gestos, a frase fornecida pelo utilizador em Língua Gestual Portuguesa num modelo em 3D, que os executa.

É proposta a divisão do “problema” em dois grandes blocos:

- Um primeiro bloco que é encarregue pela análise das Línguas, Língua Portuguesa e Língua Gestual Portuguesa.
- Um segundo bloco encarregue da gestão da animação.

O primeiro bloco, denominado de “*Language Expert*”, recebe a frase do utilizador e envia para o segundo bloco a lista das palavras a serem gestualizadas pelo modelo 3D. O segundo bloco é denominado de “*Gesture Animation*”. Esta característica de divisão em dois blocos permite que, posteriormente, estes módulos possam ser utilizados de forma independente, integrados num outro projecto de forma a executarem as suas funções específicas: tradução de Língua Portuguesa para Língua Gestual Portuguesa e apresentação de Língua Gestual, Portuguesa ou não Portuguesa.

#### 3.1.1. Language Expert

O bloco *Language Expert* está encarregue de interpretar o texto em Língua Portuguesa, fornecido pelo utilizador, identificar e classificar caracteres, palavras e frases existentes no texto introduzido, realizar uma análise morfológica às palavras e uma análise sintáctica das frases de forma a classificar as mesmas. Por fim, executa a tarefa de tradução da Língua Portuguesa para a Língua Gestual Portuguesa com auxílio das regras de tradução recolhidas dos documentos referenciados na bibliografia [1].

Propõe-se, para o bloco *Language Expert* a criação de dois módulos, um primeiro módulo para classificação e interpretação do texto em Língua Portuguesa, o outro módulo para interpretação e tradução do texto de Língua Portuguesa em Língua Gestual Portuguesa.

A Figura 3.1 apresenta um diagrama do módulo Language Expert.

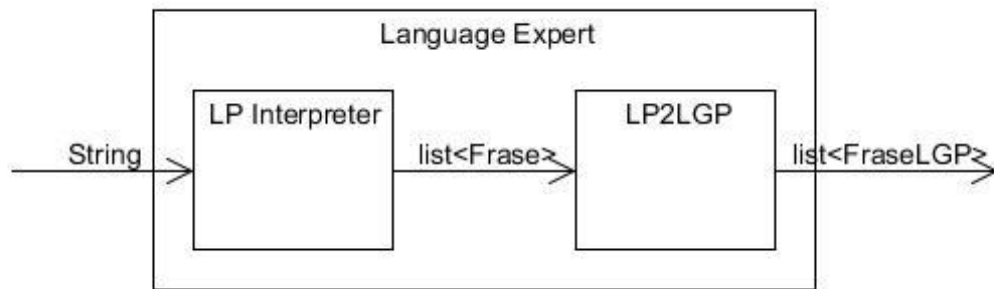


Figura 3.1 - Diagrama do módulo Language Expert

O primeiro módulo proposto, é denominado de "*LPInterpreter*". Este módulo tem a função de identificar os caracteres, quer letras quer pontuações, as palavras e as frases constantes no texto. A análise morfológica e a análise sintáctica são feitas posteriormente com recurso à informação adquirida anteriormente.

O segundo módulo proposto para inclusão no bloco "*Language Expert*" é denominado de "*LP2LGP*", que pretende abreviar o nome "*Tradutor de Língua Portuguesa para Língua Gestual Portuguesa*", tem a função de, mediante a classe da palavra identificada no módulo anterior, o módulo "*LPInterpreter*", aplicar as respectivas regras para uma correcta e coerente tradução do texto da Língua Portuguesa para a Língua Gestual Portuguesa.

### 3.1.2. Gesture Animation

O bloco "*Gesture Animation*" proposto pretende gerir o processo de animação do modelo humanoide 3D. Este bloco recebe do bloco "*Language Expert*" a lista das palavras a que correspondem os gestos a serem executados e apresenta uma fiel e coerente gestualização da Língua Gestual Portuguesa pelo interprete. Neste bloco existem duas tarefas a serem executadas, por um lado, a correspondência entre as palavras a que se referem os gestos e os vectores de rotação de cada um dos ossos do modelo humanoide 3D, por outro lado, a correcta gestão dos movimentos dos ossos do modelo 3D que levem os mesmos a executar as transformações necessárias.

A Figura 3.2 apresenta um diagrama descritivo do módulo Gesture Animation.

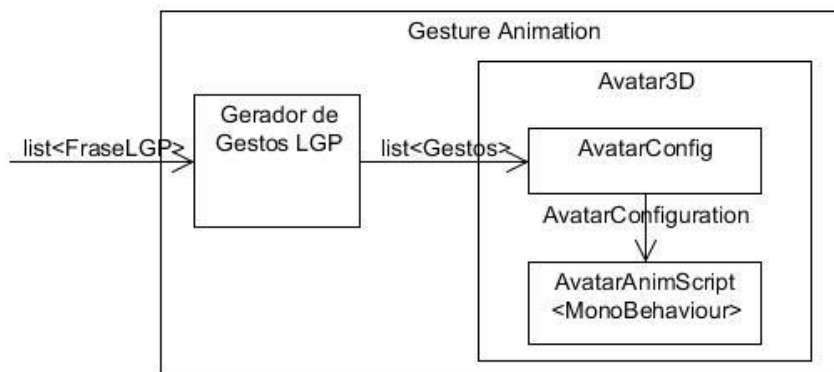


Figura 3.2 - Diagrama do módulo Gesture Animation

A um dos módulos foi atribuído o nome de “GGLGP”, abreviado de “Gerador de Gestos de Língua Gestual Portuguesa”, tem a função de receber a lista de palavras que representam gestos da Língua Gestual Portuguesa. É neste módulo que é feita a correspondência entre as palavras a serem gestualizadas e a configuração do gesto correspondente. A configuração do gesto tem em atenção cinco parâmetros de configuração como referido em 2.2. A configuração das mãos, a localização das articulações, a orientação das mãos, o movimento descrito pela mesma articulação (mão) e expressão facial ou corporal. A descrição da postura do gesto foi deduzida segundo estes parâmetros foi inspirada no livro, constante na bibliografia [1] consultada, livro entitulado de “Para Uma Gramática da Língua Gestual Portuguesa”. Foi adoptada esta forma de representação do gesto devido ao facto de cada gesto da Língua Gestual Portuguesa se apresentar como uma mistura das possibilidades de cada parâmetro de configuração da postura do gesto.

Com o segundo módulo denominado “Avatar 3D” do bloco “Gesture Animation” pretende-se que as configurações da postura do gesto sejam apresentadas no modelo 3D, tornando-se interprete da Língua Gestual Portuguesa que comunicará com o utilizador da aplicação. O módulo avatar 3D recebe do módulo anterior uma configuração do gesto que o modelo 3D deve adoptar para que execute o gesto requerido pelo utilizador da aplicação. Este último módulo foi dividido em duas partes. Uma das partes encarregue de determinar os vectores de rotação dos ossos do esqueleto do modelo 3D em função da configuração do gesto do modelo, outra das partes está encarregue pela animação do modelo 3D e restantes elementos de interface gráfico com o utilizador.

### 3.1.3. Estrutura global

O diagrama da Figura 3.3 descreve simplificada a arquitectura da solução proposta que integra os módulos anteriormente descritos.

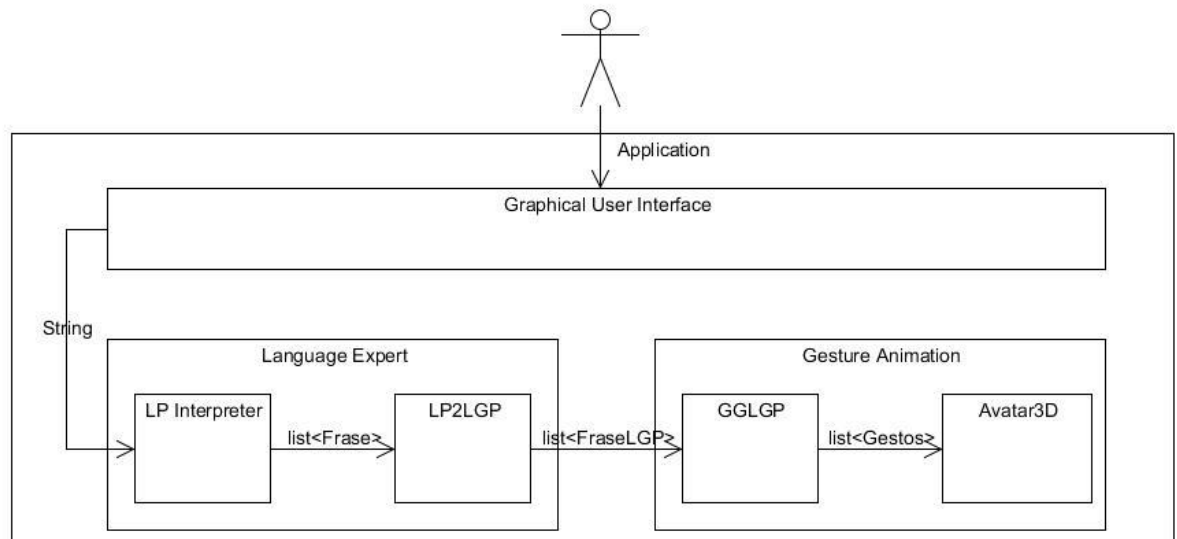


Figura 3.3 - Diagrama da arquitectura integrada dos módulos da aplicação

O módulo *Graphical User Interface* proposto para a solução é bastante simples, contendo apenas uma área de introdução do texto a ser traduzido e um botão que solicita a apresentação da tradução do mesmo pelo módulo interprete 3D.

## 3.2.Descrição da proposta

A presente secção descreve de forma detalhada e individual os vários módulos mencionados. A descrição dos módulos apresenta diagramas *Unified Modeling Language* (UML) para especificação dos componentes de dados e de controlo do modelo. Apresentará alguns exemplos de utilização, quer do módulo, quer dos vários elementos constantes neles, de forma a demonstrar a funcionalidade dos mesmos.

### 3.2.1. Modelação de alto nível (pontos de entrada no sistema)

O diagrama de Casos de Uso da aplicação proposta descreve de forma geral, a interacção entre o utilizador da aplicação e os diversos métodos existentes na aplicação. Desta forma é possível perceber intuitivamente como poderá o utilizador interagir com a aplicação assim como os seus limites à sua acção dentro da mesma.

A Figura 3.4 apresenta o diagrama de Casos de Uso do sistema proposto.

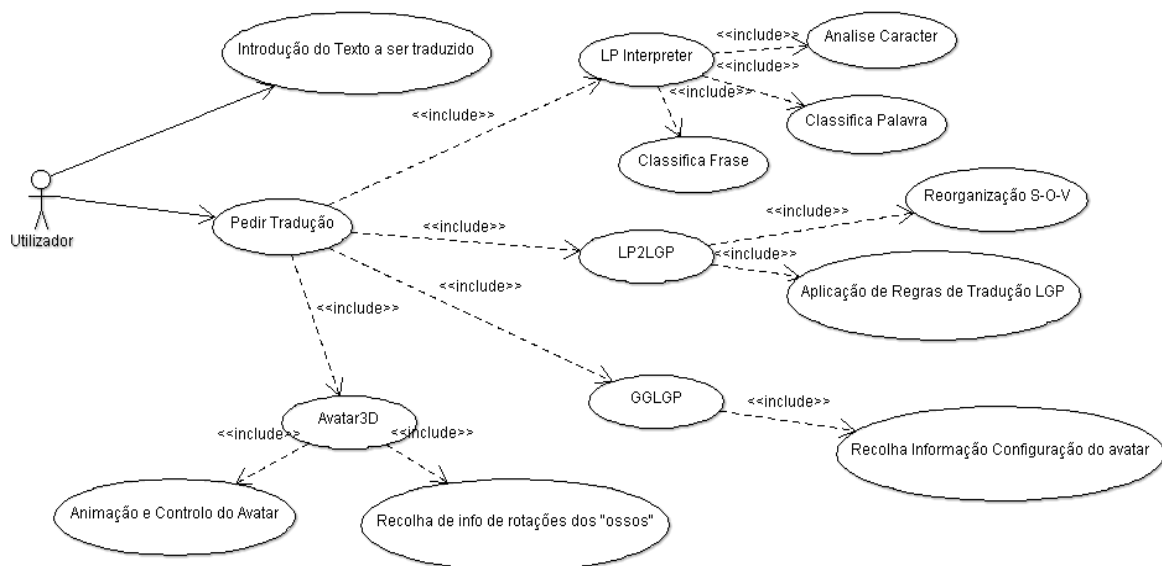


Figura 3.4 - Diagrama de Casos de Uso do sistema

A utilização da aplicação por parte do utilizador deste projecto está confinada a duas acções: Introdução de um texto em Língua Portuguesa e a solicitação

da tradução do texto introduzido. Pela observação do diagrama de Casos de Uso verifica-se que a solicitação da tradução do texto desencadeia uma série de acções de interligação com os diversos objectos da proposta de aplicação, de forma a realizar a tarefa pretendida, a tradução de um texto em Língua Portuguesa para Língua gestual Portuguesa.

### 3.2.2. Modelação do comportamento de alto nível

O diagrama de Sequência pertence mostrar a sequência de acções e a ordem de execução das mesmas num diagrama. Neste diagrama de Sequência também é possível adquirir conhecimento do tipo de dados que estão presentes nas comunicações realizadas.

A Figura 3.5 apresenta o diagrama de Sequência geral proposto para a aplicação de tradução de Língua Portuguesa para a Língua Gestual Portuguesa.

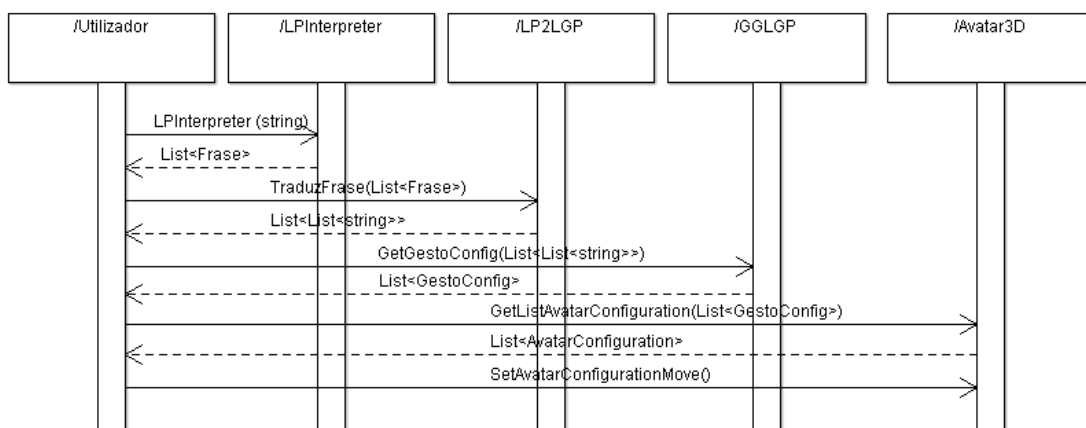


Figura 3.5 - Diagrama de Sequência da aplicação

O diagrama de Sequência permite observar como a aplicação processa os dados introduzidos pelo utilizador. No diagrama de Casos de Uso apresentado anteriormente, o utilizador apenas interage com a aplicação escrevendo um texto em Língua Portuguesa, sendo do tipo de dados *string*, ou solicitando a execução do processo de tradução e respectiva apresentação em Língua Gestual Portuguesa com recurso a um modelo avatar 3D. O processo de tradução desencadeia um conjunto de análises e processos ao texto introduzido. Este processo passa, num alto-nível, por interpretar a *string* introduzida pelo utilizador, tradução do texto para Língua Gestual Portuguesa por meio da aplicação de regras de tradução para LGP, criação de configuração dos gestos referentes às palavras traduzidas em Língua

Gestual Portuguesa e por fim, correspondência entre configuração dos gestos e os valores das rotações correspondentes a cada osso do avatar 3D. Por cada função descrita foram criados módulos com denominações que permitem identificar facilmente cada uma das funcionalidades.

O módulo LPInterpreter tem a função de análise do texto introduzido pelo utilizador.

O módulo LP2LGP tem a função de tradução de LP para LGP.

O módulo GGLGP tem a função de Gerar Gestos em Língua Gestual Portuguesa.

O módulo Avatar3D tem a função de gestão das animações do avatar.



### 3.2.3. Módulo LPInterpreter

O módulo *LPInterpreter* proposto tem a funcionalidade de classificar as frases em Língua Portuguesa do ponto de vista da sua análise sintáctica da frase. Para que a análise sintáctica das frases seja possível, este módulo tem também que ter a habilidade de conhecer a classe gramatical das palavras que constituem a frase, sendo também proposta a inclusão de um método capaz de realizar uma análise morfológica das palavras. Os caracteres introduzidos pelo utilizador serão também analisados e uniformizados de forma a que a análise posterior seja a correcta e a mais robusta.

#### 3.2.3.1. Modelação estática

De forma a armazenar a informação necessária referente aos parâmetros das frases, palavras e caracteres recolhidos na análise do texto fornecido é proposta a criação de três classes para armazenar esta informação que resulte da análise da *string* fornecida. A Figura 3.6 apresenta o diagrama de classes para o módulo LPInterpreter.

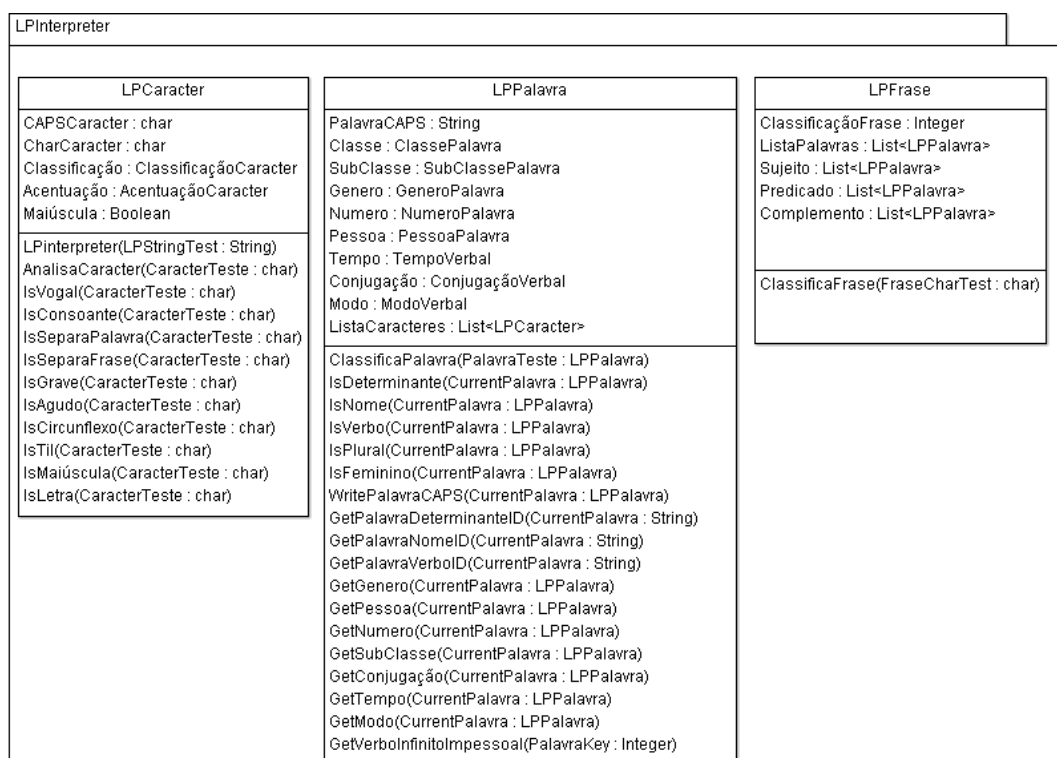


Figura 3.6 - Diagrama de classes do módulo LPInterpreter

### 3.2.3.1.1. Campos da *class*

#### **LPCharacter**

No diagrama de Classes referente ao *package* “LPInterpreter” é proposto a criação de uma *class* LPCharacter, com os campos necessários para a classificação do character. A *class* LPCharacter permite caracterizar e armazenar a informação referente ao character. A discriminação dos campos referentes a esta *class* são apresentados na tabela Tabela 7.1.

#### **LPPalavra**

A *class* LPPalavra proposta permite guardar a informação referente à classificação da palavra, a análise morfológica das palavras. Os campos da *class* LPPalavra propostos permitem determinar e armazenar a informação morfológica resultante da pesquisa às bases de dados do sistema. A discriminação dos campos referentes a esta *class* são apresentados na Tabela 7.1.

O tipo de dados dos campos Classe, Subclasse, Género, Número, Pessoa, Tempo, Conjugação e Modo estão descritos na parte de descrição de *Enumerator*. O nome do *Enumerator* tem associado os campos da *class* LPPalavra descritos. (Ex: Classe -> ClassePalavra ...)

#### **LPFrase**

A última *class* proposta para o *package* LPInterpreter é denominada de LPFrase e pretende guardar as definições necessárias para guardar a informação resultante da análise sintáctica da frase. Na *class* LPFrase é proposto também que seja guardada a informação já adquirida anteriormente através do campo *ListaPalavras* que guarda os dados adquiridos sob a forma de uma lista de *classes* LPPalavra. O campo *ClassificaçãoFrase* da *class* LPFrase está reservado para a classificação da frase sob a forma de *Enumeradores*, que será descrito posteriormente. A informação resultante da análise sintáctica da frase guarda a informação numa lista de *classes* LPPalavra nos campos sujeito e predicado. Os campos da *class* LPFrase são apresentados na Tabela 7.1.

### 3.2.3.1.2. Enumerator da class

#### LPCaracter

Na Figura 3.7 estão apresentados os enumeradores propostos para a classificação e acentuação do caracter. Quanto à acentuação é intuitivo a que tipo de acentuação se refere cada campo do enumerador. No caso da classificação do caracter é necessário fazer uma explicação quanto aos campos *SeparaPalavra* e *SeparaFrase*. Os campos do *enumerador* *ClassificaçãoCaracter* da *class* *LPInterpreter*, *SeparaPalavra* e *SeparaFrase* são referentes aos caracteres de pontuação na Língua Portuguesa.

*SeparaPalavra* está associado aos caracteres de pontuação com função de separação de palavras, são os casos de “espaço” e vírgula.

*SeparaFrase* está associado aos caracteres de pontuação com função de separação de frases, são os casos de “ponto final” , “ponto de exclamação”, “ponto de interrogação”, “dois pontos” e “ponto e vírgula”.

*JuntaPalavras* está associado exclusivamente ao caracter “hifen”, precisamente por ter a capacidade de juntar palavras. Como no caso de “vai-te”, “pé-de-cabra” entre outros.

<<enumerator>> <<LPCaracter>> ClassificaçãoCaracter
Vogal Consoante SeparaPalavra SeparaFrase
<<enumerator>> <<LPCaracter>> AcentuaçãoCaracter
Ausente Grave Agudo Circunflexo Til

Figura 3.7 – Enumeradores de class LPCaracter

#### LPPalavra

Os *enumerators* para a *class* *LPPalavra* propostos permitem qualificar os aspectos gramaticais da análise morfológica. A cada *enumerator* está associado um campo na *class* *LPPalavra* como referido anteriormente. Na Figura 3.8 é apresentado um diagrama dos *enumerators* propostos para a descrição dos dados recolhidos na análise morfológica da palavra.

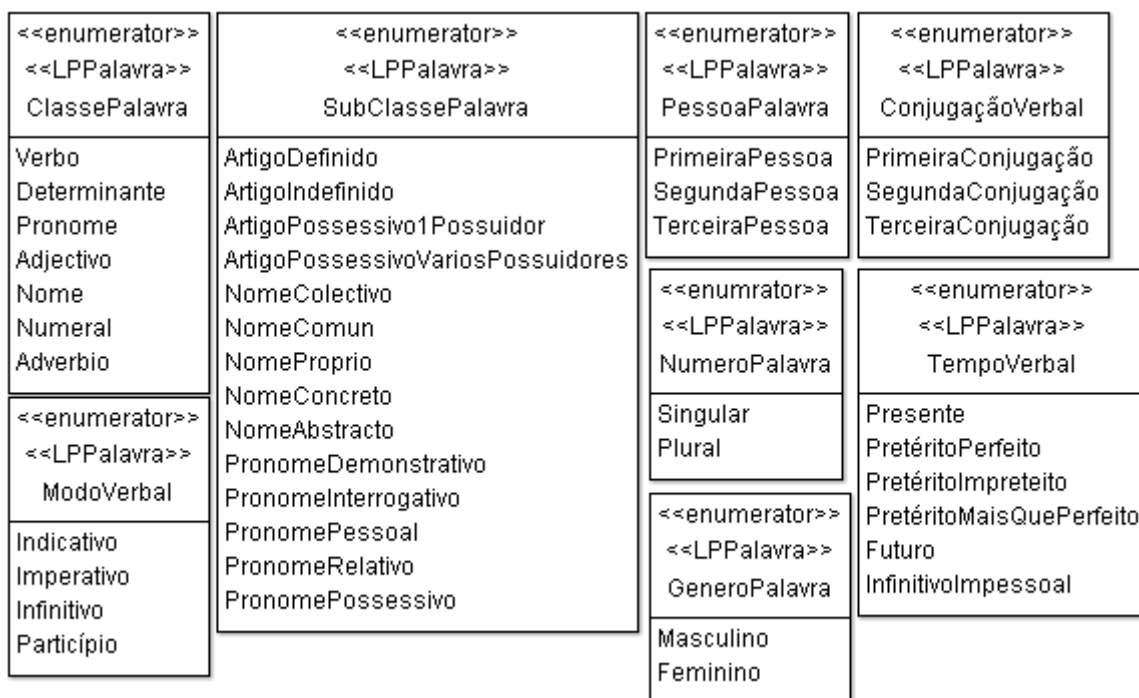


Figura 3.8 - Diagrama de enumerator LPPalavra

### LPFrase

Na *class* LPFrase, o campo ClassificaçãoFrase pretende guardar a informação referente à classificação da frase. A classificação da frase é feita através da análise do carácter de pontuação que determina o fim de uma frase, sendo que está associada a cada classificação de frases uma determinada pontuação, “ponto final” ou “ponto parágrafo”: frase declarativa; “ponto interrogação”: frase interrogativa; “ponto exclamação”: frase exclamativa. A classificação da frase está directamente relacionada, na Língua Gestual Portuguesa, com a expressão facial ou corporal.

A Figura 3.9 apresenta os diferentes enumeradores admitidos para a classificação da frase.

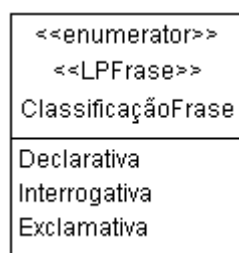


Figura 3.9 - Enumerador da *class* LPFrase

### 3.2.3.1.3. Métodos da *class*

A descrição dos métodos das *classes* permite conhecer como é possível interagir com a *class*. No caso da *class* *LPCaracter*, todos os seus métodos executam operações tendo como base a própria *class*. Esta característica não é verdade no caso da *class* *LPPalavra*, os métodos aqui existentes têm necessariamente que interagir com uma base de dados. Os métodos da *class* *LPPalavra* funcionam como interface de comunicação com a base de dados de forma a recolher a informação de conhecimento empírico necessário, quer para a análise morfológica das palavras, quer para a análise sintáctica da frase. A descrição da base de dados será efectuada posteriormente. Os diagramas de sequência que definem a ordem de utilização dos métodos descritos são apresentados posteriormente.

#### **LPCaracter**

A *class* *LPCaracter* apresenta apenas um método público, que é a porta de entrada para o processo de tradução do texto para Língua Gestual Portuguesa, sendo que restantes métodos privados, utilizados pelo método público *LPInterpreter* descrito. A análise do caracter é feita individualmente pelo método *AnalisaCaracter* que devolve um objecto do tipo *class* *LPCaracter* com a informação referente ao respectivo caracter analisado. Na Tabela 7.2 são apresentados os métodos propostos para a *class* para a classificação do caracter.

#### **LPPalavra**

Os métodos propostos para a *class* *LPPalavra* permitem à aplicação executar uma análise morfológica das palavras. A análise morfológica na gramática da Língua Portuguesa consiste na análise da palavra individualmente, independentemente do seu contexto na frase em que se insere. A análise morfológica permite identificar a classe gramatical à qual pertence a palavra, mas também outros parâmetros como subclasse, género, número, pessoa, conjugação verbal, tempo verbal, modo verbal. Para executar a análise morfológica é necessário habilitar a aplicação de alguma forma consultar informação do conhecimento empírico da morfologia da palavra.

Para a função de armazenamento da informação do conhecimento empírico da morfologia da palavra é proposta integração com uma base de dados onde seja

armazenada a informação referente à morfologia da palavra. A organização das tabelas das bases de dados proposta permitirá a consulta da informação da morfologia da palavra. A descrição das bases de dados proposta será feita posteriormente.

A consulta de informação das bases de dados referidas anteriormente requer que sejam criados métodos específicos para que sejam executadas as consultas necessárias para o levantamento da informação relevante para a classificação morfológica da palavra. Os métodos propostos da *class* LPPalavra são apresentados na Tabela 7.2

### **LPFrase**

A *class* LPFrase proposta tem a funcionalidade de gerir a análise sintáctica da frase fornecida pelo utilizador. A análise sintáctica da frase é feita posteriormente à análise morfológica das palavras contidas no texto. A análise sintáctica pretende identificar o sujeito e o predicado das frases, mas também a classificação da frase com base na pontuação utilizada para terminar a frase. O método responsável pela classificação da frase é denominado de *ClassificaFrase*. Os métodos propostos da *class* LPFrase são apresentados na Tabela 7.2.

A detecção do sujeito e predicado da análise sintáctica é feita com base na classe gramatical das palavras constantes no texto. O sujeito engloba todas as palavras que antecedem o verbo existente na frase em análise. O predicado engloba as restantes palavras, sendo que poderá ser analisada a frase em função dos complementos do predicado.

### 3.2.3.2. Modelação do comportamento

A proposta para a classificação dos caracteres irá analisar cada caracter inserido pelo utilizador e classificar individualmente em função da sua classificação, acentuação e se o caracter se apresenta em maiúsculas.

O diagrama de sequência da Figura 3.10 mostra as acções e decisões necessárias de forma a desempenhar a função proposta, neste caso, a interpretação da Língua Portuguesa. Esta funcionalidade requer que seja executada uma análise morfológica e sintáctica da frase fornecida pelo utilizador.

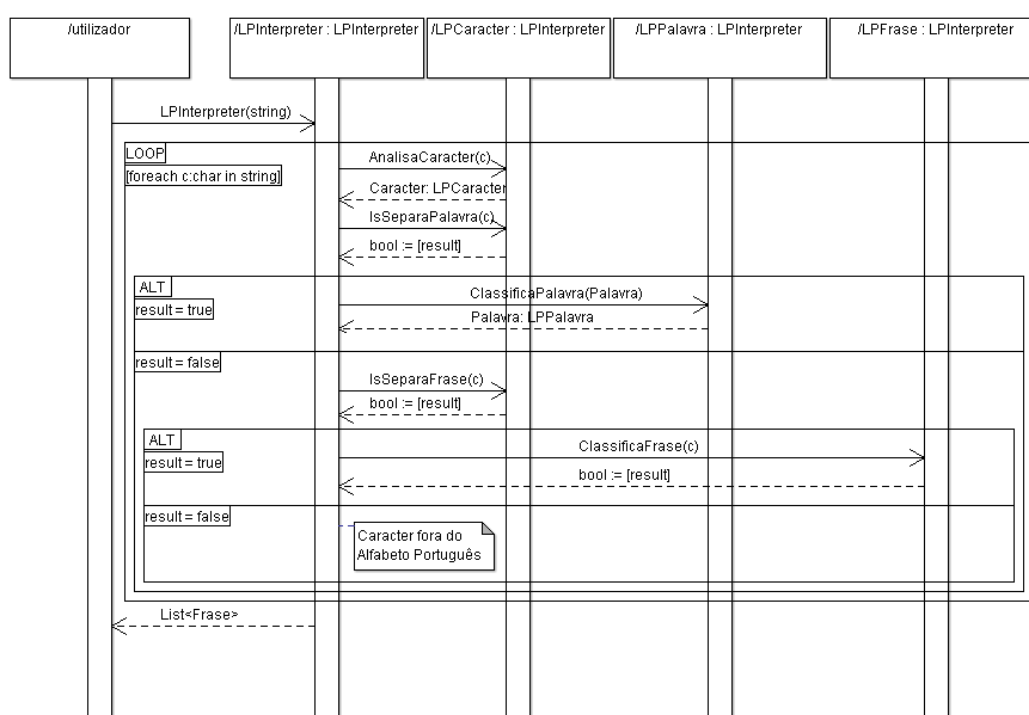


Figura 3.10 - Diagrama de sequência do módulo LPInterpreter

O processo de interpretação da Língua Portuguesa proposto executa uma análise dos caracteres, das palavras e das frases existentes na *string* fornecida pelo utilizador que contém o texto a ser traduzido. O diagrama de sequência proposto apresenta, no início da sua acção uma marcação de um *loop*. Este *loop* irá percorrer todos os caracteres constantes na *string* fornecida e executa o processo de análise do caracter em questão. Quando é detectado que o caracter analisado tem a função de separar palavras, é solicitada a análise da palavra que é definida pelo somatório de todos os caracteres já analisados anteriormente. Processo semelhante foi o adoptado para a detecção de pontuação que determina o fim de uma frase. Neste caso é executada a análise da frase que é constituída pelo somatório das palavras já analisadas anteriormente. Caso o tipo de caracter detectado não seja identifica-

do, é assumido que não pertence ao alfabeto nem aos caracteres de pontuação da Língua Portuguesa. No fim deste processo, é devolvido uma lista de *class* LPFrase com a informação referente à análise morfológica e sintáctica do texto introduzido.

A classificação do caracter compreende dois grandes tipos de caracter em função da sua utilização na Língua Portuguesa, letras e pontuações. As letras que na Língua Portuguesa pertencem ao alfabeto latino ou romano, são classificadas em *vogais* ou *consoantes*. Por outro lado, os caracteres de pontuação são classificados de acordo com a sua função na Língua Portuguesa, são classificados como *Se-paraPalavra* e *Se-paraFrase*.

A acentuação do caracter classifica o caracter em função do tipo de acentuação que apresenta. Este parâmetro do caracter é classificado como: acento *grave*, *agudo*, *circunflexo*, *til* ou, em caso de não existir acentuação no caracter, *ausente*.

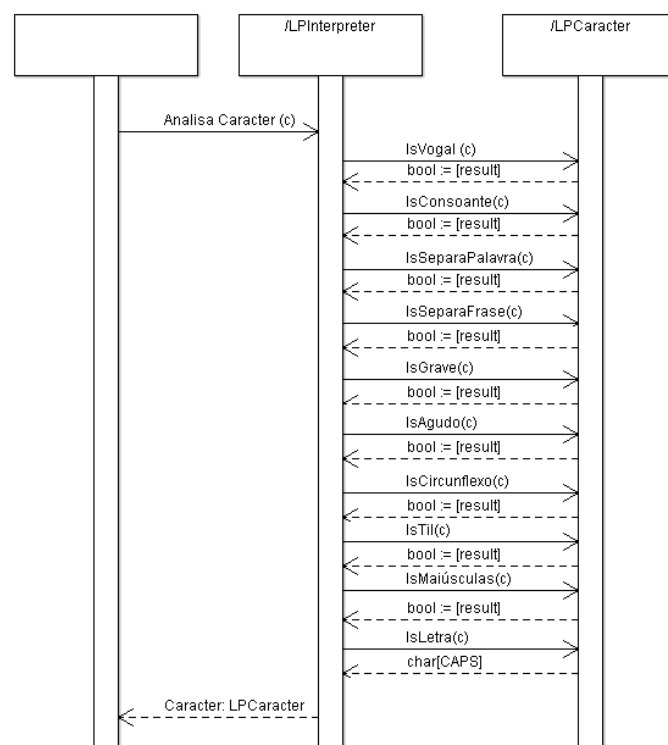


Figura 3.11 - Diagrama de sequência AnalisaCaracter

O caracter também é classificado em função de estar ou não representado em maiúsculas. Este parâmetro do caracter permite distinguir a classe dos nomes



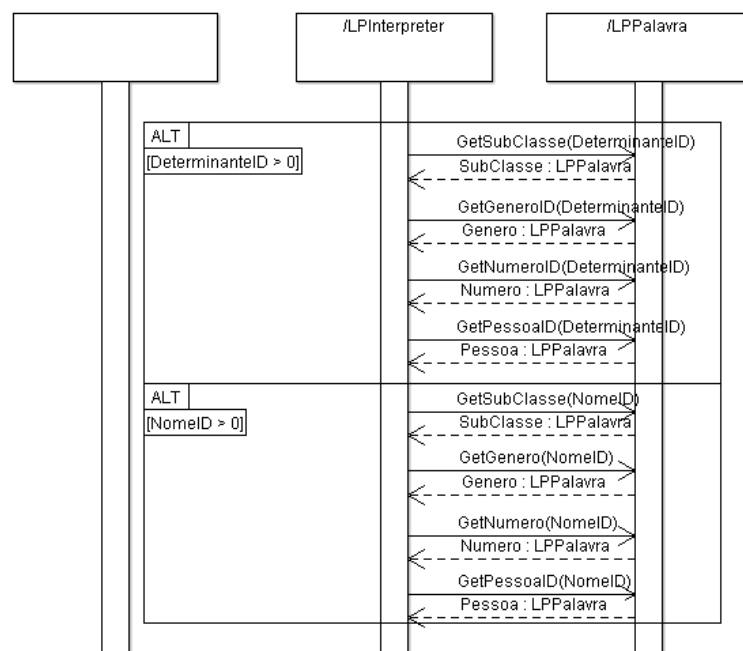
próprios de outras classes de palavras que, sem olhar para a sua primeira letra da palavra e verificar se é maiúscula, são escritas de igual forma. O caso das palavras “céu” e “Céu”, elas representam realidades diferentes, “Céu” é nome pessoal, diferente do “céu” que se encontra por cima de todos nós.

O processo de classificação do caracter está descrito no diagrama de sequência da Figura 3.11. É desencadeada uma série de análises ao caracter de forma a determinar que valores a adoptar para classificar o caracter. Um objecto do tipo *class* LPCharacter com a informação recolhida é devolvido ao solicitador.

A classificação da palavra representa na verdade a análise morfológica das palavras que já foi referenciada anteriormente. A análise morfológica das palavras analisa a palavra individualmente e sem olhar para o contexto em que a mesma está inserida. A análise morfológica irá classificar as palavras quanto à sua *classe*, *subclasse*, *género*, *número*, *pessoa*, *tempo verbal*, *conjugação verbal* e *modo verbal*.

A base de conhecimento sobre a classificação dos vários parâmetros das palavras é adquirida por consulta e análise de uma base de dados onde é armazenada a informação necessária para o auxílio à análise morfológica.

A Figura 3.12 apresenta o diagrama de sequência da análise da palavra.



**Figura 3.12 - Diagrama de Sequência LPPalavra**

### 3.2.3.3. Modelação da Base de dados

As bases de dados são as estruturas de dados propostas para armazenamento da informação do conhecimento da gramática da Língua Portuguesa necessária para a análise morfológica das palavras. A escolha de utilização das bases de dados para armazenar a informação referente à gramática da Língua Portuguesa permite guardar uma grande quantidade de dados morfológicos das palavras sem grande impacto nos tempos de resposta da base de dados. A organização proposta das tabelas da base de dados permite a consulta dos aspectos morfológicos em função das palavras da pesquisa.

A organização das tabelas das bases de dados proposta permitirá a sua consulta numa lógica de verificação de existência de uma palavra em determinada tabela e consoante o resultado da consulta, a aplicação procederá de forma diferente.

Na Figura 3.13 é apresentado um diagrama da organização das tabelas das bases de dados de auxílio à análise morfológica.

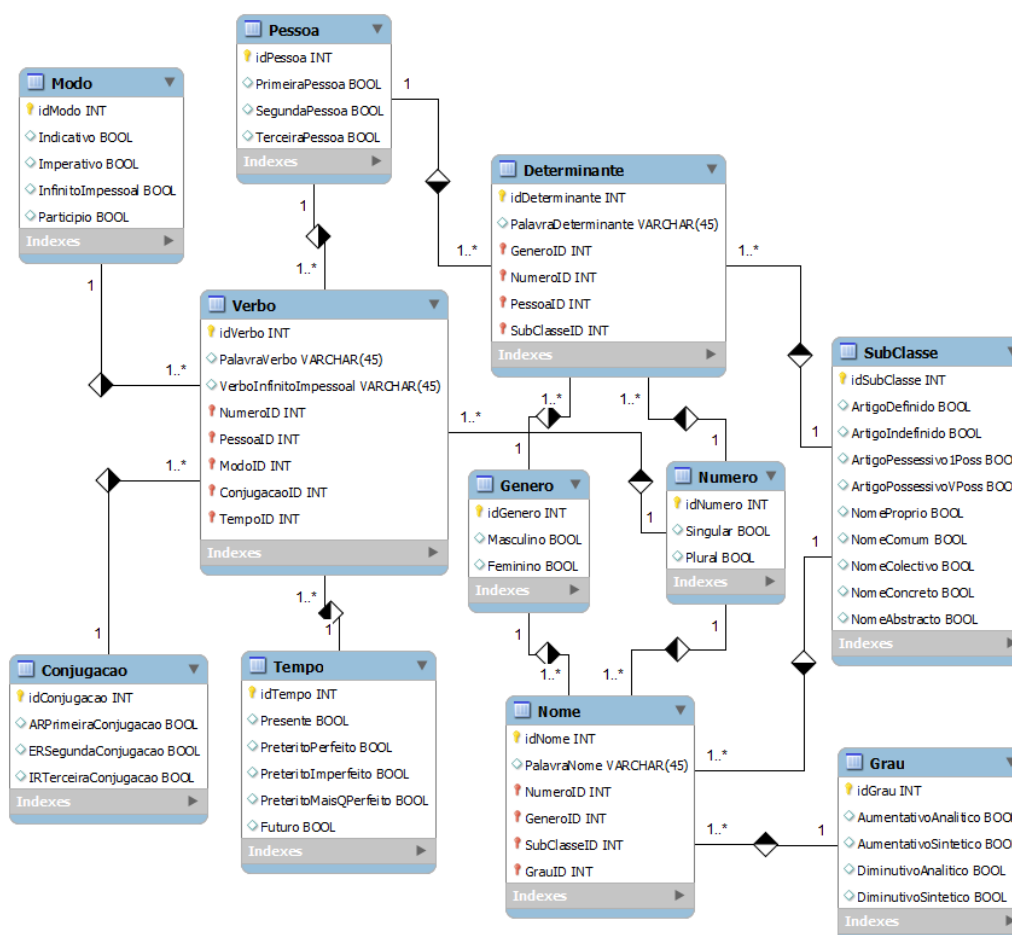


Figura 3.13 - Diagrama de tabelas da base de dados db\_LPInterpreter

#### **3.2.3.3.1. Tabela Determinante**

A tabela dos determinantes armazena a informação morfológica da palavra em análise e identifica o género, número, pessoa e subclasse do determinante nas respectivas tabelas: *Genero*, *Numero*, *Pessoa* e *SubClasse*. A correspondência entre a tabela Determinante e as tabelas *Genero*, *Numero*, *Pessoa* e *SubClasse* é feita mediante um valor de identificação que é guardado na tabela Determinante com a informação referente ao valor de identificação nas tabelas *Genero*, *Numero*, *Pessoa* e *SubClasse*.

A tabela dos determinantes reserva uma coluna para guardar informação do determinante à qual se refere a informação da base de dados. Guarda a informação na forma de uma *string* no campo *PalavraDeterminante* e tem a função de identificação do determinante.

#### **3.2.3.3.2. Tabela Nome**

A tabela dos Nomes guarda a informação escrita do nome em análise, assim como a identificação do género, número e classificação nas respectivas tabelas: *Genero*, *Numero* e *SubClasse*.

#### **3.2.3.3.3. Tabela Verbo**

A tabela dos Verbos guarda a informação da forma escrita do verbo em análise, na sua forma do infinito impessoal para melhor associação do verbo às suas várias formas e também a informação de identificação do Modo, Tempo e Conjugação verbal nas respectivas tabelas: *Modo*, *Tempo*, *Numero* e *Conjugação*.

#### **3.2.3.3.4. Tabela Genero**

A tabela Genero armazena a informação da flexão do género da palavra relativamente ao determinante, pronome e nome. A marcação do valor do género está presente na presença do valor *true* no campo booleano do género correspondente. Se o género do determinante é masculino a coluna *Masculino* deverá estar marcado com o valor *TRUE* e a coluna *Feminino* com o valor *FALSE*.

#### **3.2.3.3.5. Tabela Numero**

A tabela Numero armazena a informação da flexão do número da palavra. A marcação do valor do número está presente quando o campo booleano está marcado o com o valor TRUE. No caso de um determinante estar na sua forma singular, a coluna Singular é marcada com o valor TRUE e a coluna Plural com o valor FALSE.

#### **3.2.3.3.6. Tabela Pessoa**

A tabela Pessoa guarda a informação da pessoa na palavra. Como descrito nas tabelas anteriores, a marcação da pessoa está em coerência com a respectiva coluna. Se a palavra está na primeira pessoa, apenas a respectiva coluna deverá estar sinalizada com o valor TRUE.

#### **3.2.3.3.7. Tabela SubClasse**

A tabela Subclasse armazena a informação referente à subclasse da palavra em análise. A marcação da subclasse da palavra é verificada pela presença do valor TRUE na correspondente coluna da tabela e apenas nesta.

#### **3.2.3.3.8. Tabela Grau**

A tabela Grau guarda a informação referente à flexão do grau no nome em análise. A marcação do grau está presente quando, na respectiva coluna da tabela Grau, está marcado com o valor TRUE.

#### **3.2.3.3.9. Tabela Modo**

A tabela Modo armazena a informação referente ao modo em que o Verbo em análise se apresenta. A lógica de funcionamento da marcação do modo verbal na tabela é semelhante à lógica de funcionamento das tabelas anteriores. A indicação do modo é feita pela marcação do valor TRUE na coluna respectiva ao modo do verbo em análise.

#### **3.2.3.3.10. Tabela Tempo**

A tabela Tempo é guardada a informação referente ao tempo que o Verbo apresente. A lógica de funcionamento da marcação do tempo verbal na tabela é semelhante à lógica de funcionamento das tabelas anteriores. A indicação do tempo é feita pela marcação do valor TRUE na coluna respectiva ao tempo do verbo em análise.

#### **3.2.3.3.11. Tabela Conjugacao**

A tabela Conjugação armazena a informação referente à conjugação à qual o verbo analisado se apresente. A marcação da conjugação do verbo é semelhante à forma de marcação das tabelas anteriores.

A descrição das colunas das tabelas da base de dados proposta apresentadas anteriormente estão presentes na Tabela 7.3.

### 3.2.4. Módulo LP2LGP

O módulo LP2LGP proposto tem a função de executar a tradução de Língua Portuguesa para Língua Gestual Portuguesa. O processo de tradução requer que seja efectuada a análise das palavras e das frases, como referido no capítulo 2 (estado da arte), o processo de tradução a adoptar depende em grande parte da classe gramatical a que pertence a palavra a ser traduzida.

O módulo LP2LGP recebe do módulo anterior, o módulo LPInterpreter, o resultado da análise morfológica das palavras assim como a análise sintáctica da frase, o que permite optar pelo melhor método de tradução para a Língua Gestual Portuguesa.

#### 3.2.4.1. Modelação estática

A *class* FraseLGP do *package* LP2LGP da Figura 3.14 apresenta a *class* principal proposta para o módulo responsável pela tradução de Língua Portuguesa para Língua Gestual Portuguesa. Este módulo recebe do módulo anterior, LPInterpreter, uma lista de frases com a informação da análise morfológica e análise sintáctica executada no módulo. Esta informação é guardada no campo ListaFrasesLP. Para consulta durante o processo de tradução da Língua Portuguesa para Língua Gestual Portuguesa.

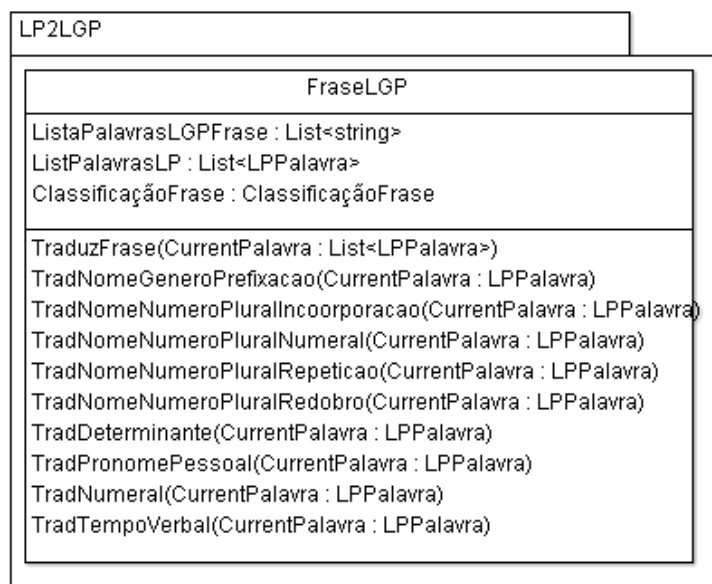


Figura 3.14 - Class FraseLGP do módulo LP2LGP

#### 3.2.4.1.1. Campos

A *class* FraseLGP referente ao *package* “LP2LGP” apresentada na Figura 3.14 mostra que a *class* proposta tem apenas três campos:

A um dos campos está destinada a função de armazenar a informação da lista de frases em Língua Portuguesa com os resultados da análise morfológica e sintática.

Outro dos campos tem a função de armazenar a informação resultante do processo de tradução para Língua Gestual Portuguesa.

Por fim, está reservado um campo para a classificação da frase que está directamente ligada à expressão facial ou corporal do interprete de Língua Gestual Portuguesa.

Os campos da *class* do módulo LP2GP estão discriminados na Tabela 7.4.

#### 3.2.4.1.2. Métodos

O módulo de tradução de Língua Portuguesa para Língua Gestual Portuguesa recebe do módulo LPInterpreter uma lista de elementos da *class* LPFrase. A *class* LPFrase armazena também a lista de elementos da *class* LPPalavra que compõem a frase. Depois do processo de tradução para Língua Gestual Portuguesa é proposto que seja apresentado o resultado da tradução na forma de lista de lista de *string*, em que cada *string* corresponde um gesto em LGP, ao invés de apresentar apenas uma lista de *string* porque, assim, é possível identificar o fim das frase.

O método TraduzFrase inicia o processo de tradução das frases LPFrase.

```
+ TraduzFrase(List<LPFrase>) : List<List<string>>
```

Os métodos propostos determinam a fronteira entre os dados em Língua Portuguesa e a Língua Gestual Portuguesa, representando os vários processos de tradução identificados em função da sua classe gramatical. Os métodos propostos são apresentados na Tabela 7.5.

### 3.2.4.2. Modelação do comportamento

O diagrama de sequência da *class* LP2LGP da Figura 3.15 descreve o processo de tradução da Língua Portuguesa para Língua Gestual Portuguesa utiliza a informação referente à análise morfológica e análise sintáctica da frase e com isso aplicar as regras de tradução para Língua Gestual Portuguesa já referidas no início do presente documento.

Os métodos da *class* LPPalavra constantes na frase recebida do módulo LPInterpreter que identificam a classe gramatical e também outros aspectos morfológicos da palavra permitem identificar que regras de tradução devem ser aplicadas. O diagrama de sequência do lado descreve a sequência de acções necessárias para identificação de algumas regras de tradução para Língua Gestual Portuguesa.

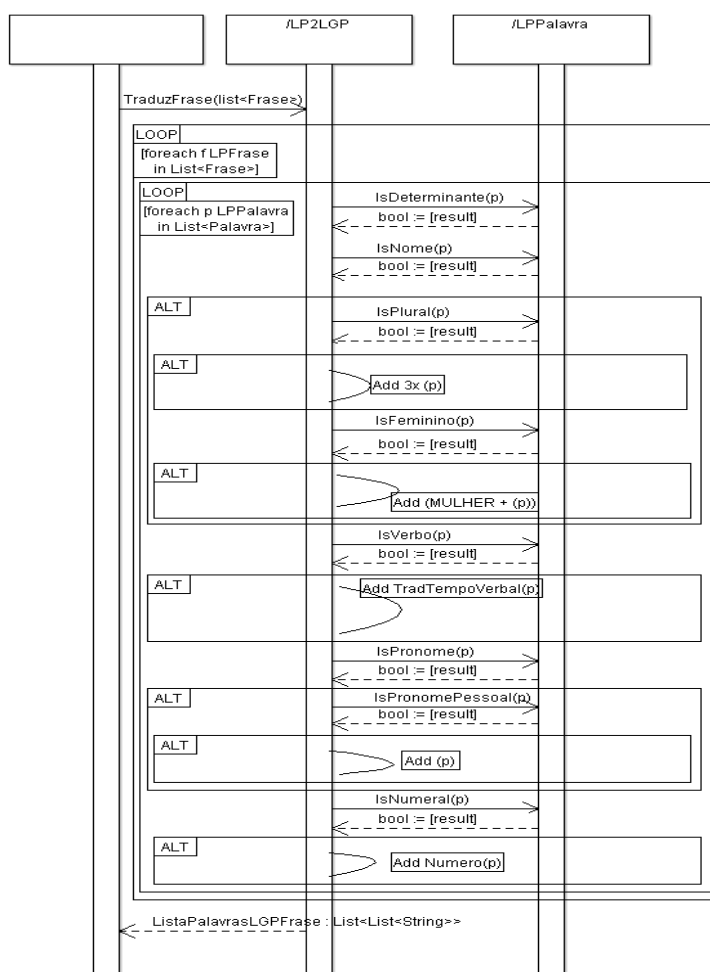


Figura 3.15 - Diagrama de sequência LP2LGP

O processo de tradução para Língua Gestual Portuguesa recebe do módulo LPInterpreter uma lista de *class* LPFrase com a lista de frases e respectiva informação da morfologia das palavras e também o resultado da análise sintáctica. Depois do processo de tradução proposto, é devolvida uma lista de listas de palavras. Cada lista de palavras representa uma frase, a lista de listas de palavras representa um texto composto por várias frases. O tipo de dados que guarda a palavra que



representa o respectivo gesto em LGP é a string, não contendo mais algum tipo adicional de informação. Toda a informação referente à análise sintáctica e morfológica é utilizada e descartada no processo de tradução.

O processo de tradução analisa as palavras constantes nas frases fornecidas individualmente e vai criando, à medida que vai analisando as palavras, uma lista de palavras que correspondem à tradução das frases escritas em Língua Portuguesa para a Língua Gestual Portuguesa na forma de palavras que identificam o respectivo gesto em LGP.

### 3.2.5. Módulo GGLGP

O módulo denominado de GGLGP proposto tem a função de gerar uma configuração de gestos em Língua Gestual Portuguesa segundo a parametrização do gesto referido em 2.2. A configuração dos gestos é descrita com base na localização, configuração, orientação e movimento das ambas as mãos, assim como na expressão facial a ser utilizada pelo interprete, modelo 3D.

A correspondência entre uma palavra em Língua Gestual Portuguesa e a configuração do gesto é feita com recurso a uma *hashtable*. A *hashtable* permite fazer a correspondência entre a palavra recebida pelo módulo anterior, LP2LGP e uma lista de configurações de gestos.

#### 3.2.5.1. Modelação estática

##### 3.2.5.1.1. Campos

O módulo GGLGP proposto descrito na Figura 3.16 pretende armazenar a informação referente à configuração, localização, orientação, movimento das mãos e também à expressão facial ou corporal. A definição do tipo de dados para armazenar a informação referente à configuração do gesto foi definida especificamente para esta aplicação, sendo definidos de seguida na parte de descrição dos *enumeradores*.

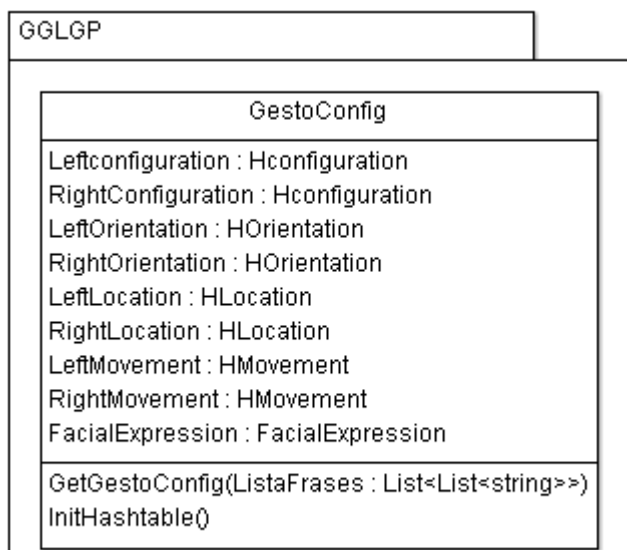


Figura 3.16 - Diagrama de *class* GestosConfig do módulo GGLGP

### 3.2.5.1.2. Enumeradores

A enumeração dos vários parâmetros da configuração do gesto proposto permite identificar e caracterizar cada um dos parâmetros da configuração do gesto. As escolhas dos valores destes *enumeradores* tem por base o estudo efectuado e descrito sobre a Língua Gestual apresentado no início deste documento de proposta de projecto de tese de mestrado.

Os valores constantes nos objectos estão incompletos, sendo que existem consideravelmente mais definições em alguns dos *enumeradores* apresentados na Figura 3.17.



Figura 3.17 - Diagrama de enumeradores GGLGP

### 3.2.5.1.3. Métodos

O método que executa a recolha de informação da configuração dos gestos em Língua Gestual Portuguesa recebe do módulo anterior, o módulo de tradução LP2LGP, uma lista de listas de palavras a serem executadas pelo interprete.

+GetGestoConfig(List<List<string>>) : GestoConfig

Como referido anteriormente o módulo GGLGP tem a função de associar uma palavra referente a um gesto em Língua Gestual Portuguesa a uma lista de configurações do gesto referente à mesma palavra. A escolha por uma *hashtable* (Tabela de dispersão) ao invés de uma base de dados prende-se com a necessidade dos dados guardados referentes ao gesto serem de um tipo de dados criados especificamente para esta aplicação. Esta necessidade, que poderia ser contornada pela codificação dos parâmetros do gesto e armazenamento na base de dados dos dados codificados, porém, esta solução implicaria trabalho extra significativo e potencial perda de dados.

A opção pela tabela de dispersão para cumprir a função proposta é mais segura no sentido em que não há perda de dados em possíveis falhas de comunicação com a base de dados, é bastante simplificada em relação à utilização de base de dados e não há necessidade de organizar os dados referentes ao gesto, ou seja, os dados armazenados são apenas uma lista de configurações de gestos.

Método para inicialização da *hashtable*. Este método cria a *hashtable* e preenche-a com os dados necessários para a função de fazer corresponder às palavras em LGP as configurações dos gestos que descrevem em LGP os gestos a serem executadas pelo interprete.

-InitHashTable()

### 3.2.5.2. Modelação do comportamento

O diagrama de Sequência do proceso de identificação das configurações dos gestos em Língua Gestual Portuguesa proposto, descrito na Figura 3.18, pretende descrever a ordem de execução das tarefas necessárias à execução da função destinada. No diagrama de sequência é proposto que a correspondência entre as palavras em LGP e a lista de configurações dos gestos seja executada com permanente pesquisa na *hashtable* e acumulação dos dados das configurações dos gestos para posteriormente serem disponibilizados ao módulo seguinte.

A presença de dois ciclos *loop* deve-se ao formato dos dados recebidos. Desta forma é possível identificar as palavras, mas também as frases a serem traduzidas pelo módulo em questão.

A inicialização da *hashtable* é executada sempre que seja necessário recolher informação que nela esteja contida.

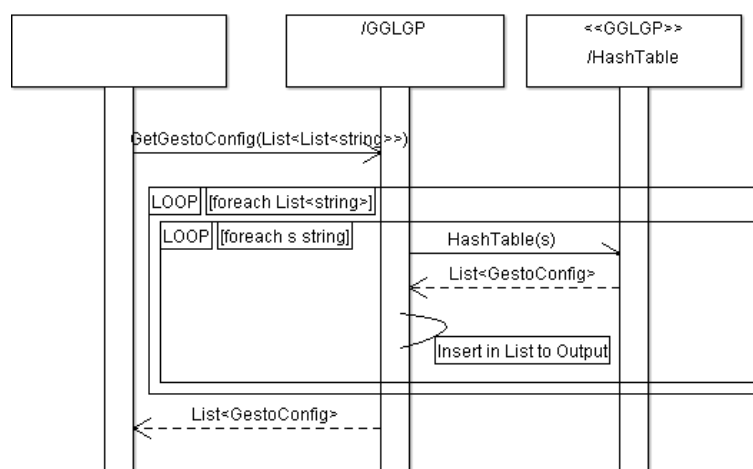


Figura 3.18 - Diagrama de sequência `GetGestoConfig` do módulo `GGLGP`

### 3.2.5.3. Modelação de configuração de gestos

A *hashtable* é uma estrutura de dados que permite fazer a correspondência entre uma palavra, que funciona como chave de identificação das listas de configurações de gestos pretendida. A opção pela *Hashtable* permitiu armazenar informação de formatos de dados criados especificamente para esta aplicação.

A *hashtable* proposta criar estrutura de dados que permite armazenar a informação da configuração dos gestos em LGP e disponibilizar essa mesma informação mediante uma *string* que identifica o conjunto de configurações de gestos.

A Tabela 3.1 apresenta o exemplo da lista de configuração do gesto MESA.

**Tabela 3.1 - Tabela demonstrativa da lista de configuração do gesto "MESA"**

Key	HCR	HCL	HOR	HOL	HLR	HLL	HMR	HML	EF
MESA	SETE	SETE	CIMA BAIXO	CIMA BAIXO	MEIO TRONCO	MEIO TRONCO	DIREITA ESQUERDA	ESQUERDA DIREITA	AUSENTE
	SETE	SETE	CIMA BAIXO	CIMA BAIXO	MEIO TRONCO	MEIO TRONCO	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE

### 3.2.6. Módulo Avatar3D

O módulo denominado Avatar 3D proposto tem a função de gerir as animações do modelo de forma a apresentar a frase introduzida pelo utilizador em Língua Gestual Portuguesa. O módulo Avatar 3D recebe do módulo anterior uma lista de gestos que devem ser apresentados ao utilizador num ambiente gráfico em três dimensões.

A gestão da animação do avatar é composta por duas partes, uma das partes responsável pela criação dos vectores de rotação dos vários ossos do esqueleto do avatar correspondente à respectiva configuração, localização, orientação e movimento da mão e expressão facial do avatar 3D. A segunda parte é responsável pelo processamento para a animação do modelo.

#### 3.2.6.1. *AvatarConfig*

A *class* AvatarConfig proposta para gerir os dados referentes à rotação dos ossos tem a função de recolher informação dos vectores de rotação de todos os ossos em função da configuração do avatar pretendida. A recolha desta informação é feita com recurso à consulta de uma base de dados onde estão armazenados os valores dos vectores de rotação dos ossos referente aos parâmetros de configuração dos gestos.

O diagrama da Figura 3.19 descreve a hierarquia existente na ligação dos ossos do avatar. As diferentes cores representam os diferentes conjuntos de ossos associados a cada um dos parâmetros de configuração do gesto em Língua Gestual Portuguesa.

A verde, os ossos correspondentes aos dedos das mãos, estão associados à configuração das mãos. Os pulsos, a azul escuro, estão associados à orientação da mão. A vermelho está representado o conjunto de ossos associados à localização da mão e ao seu movimento.

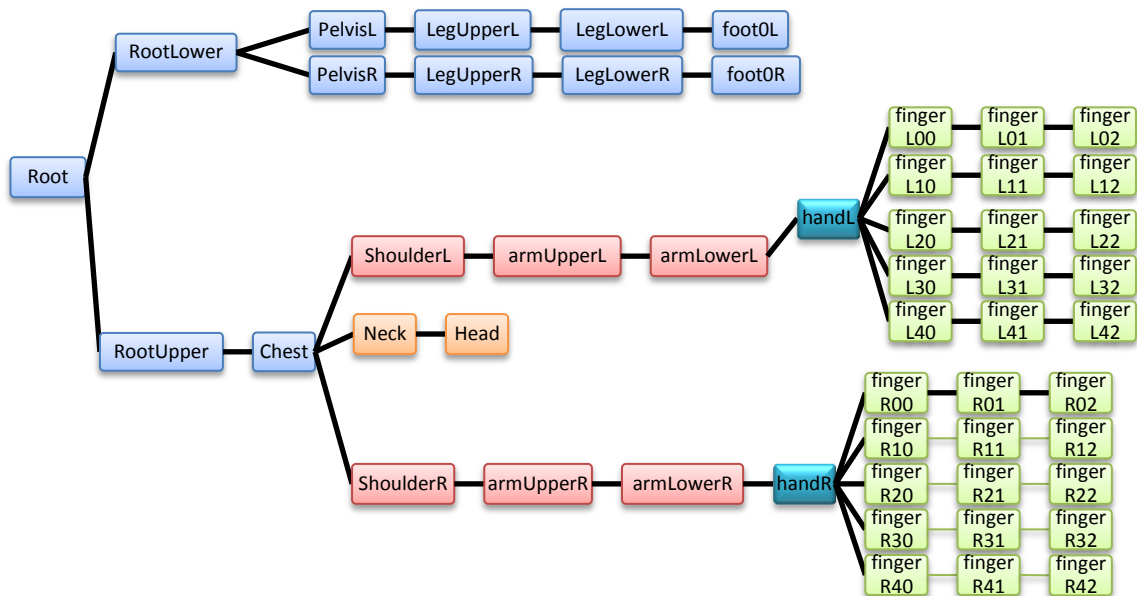


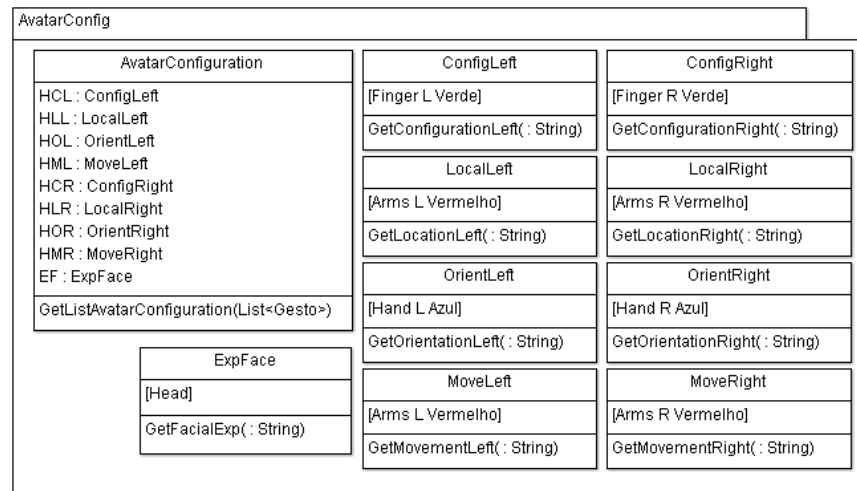
Figura 3.19 - Diagrama de hierarquização dos ossos do esqueleto do avatar

#### 3.2.6.1.1. Modelação estática

O diagrama de *class* AvatarConfig proposto apresentado na Figura 3.20 tem a capacidade de guardar a informação da configuração do gesto. A configuração do gesto é dada em função da configuração, localização, orientação, movimento da mão e expressão facial ou corporal.

Para que a animação do modelo 3D seja possível é necessário fornecer valores aos vectores de rotação para cada um dos ossos do modelo. Os valores dos vectores de rotação de todos os ossos do modelo estão organizados em *classes* cuja sua denominação tem associação com o parâmetro de configuração do gesto em Língua Gestual Portuguesa.





**Figura 3.20 - Diagrama de classes AvatarConfig do módulo Avatar3D**

Os campos das *classes* ConfigLeft, ConfigRight, LocalLeft, LocalRight, MoveLeft, MoveRight, OrientLeft, OrientRight, MoveLeft, MoveRight e ExpFace apresentam uma referência à figura de descrição da hierarquia dos ossos do avatar apresentada anteriormente. Os métodos das *classes* referidas anteriormente executam a tarefa de consulta na base de dados dos valores dos vectores de rotação dos ossos do modelo avatar 3D a que correspondem à configuração do gesto solicitada.

### 3.2.6.1.2. Modelação de comportamento do sistema

O diagrama de sequência do método da *class* AvatarConfig descreve o processo de recolha de informação referente aos valores dos vectores de rotação dos ossos do modelo 3D. A pesquisa pela informação dos vectores de rotação dos ossos é feita por consulta numa nova base de dados. Esta nova base de dados, denominada de *db\_AvatarConfig*, disponibiliza os dados dos vectores de rotação mediante o fornecimento da respectiva denominação do parâmetro de configuração do gesto pretendido.

Os dados recolhidos para os vários parâmetros de configuração do gesto são agrupados e armazenados numa estrutura de dados que alberga todos os vectores de rotação dos ossos do modelo. Esta estrutura de dados será enviada à *class* responsável pela animação do avatar.

O diagrama de sequência da Figura 3.21 apresenta novamente uma estrutura de repetição. Este *loop* indica que o processo descrito será repetido para os diversos elementos constantes na lista de configurações de gestos, *List<GestoConfig>*.

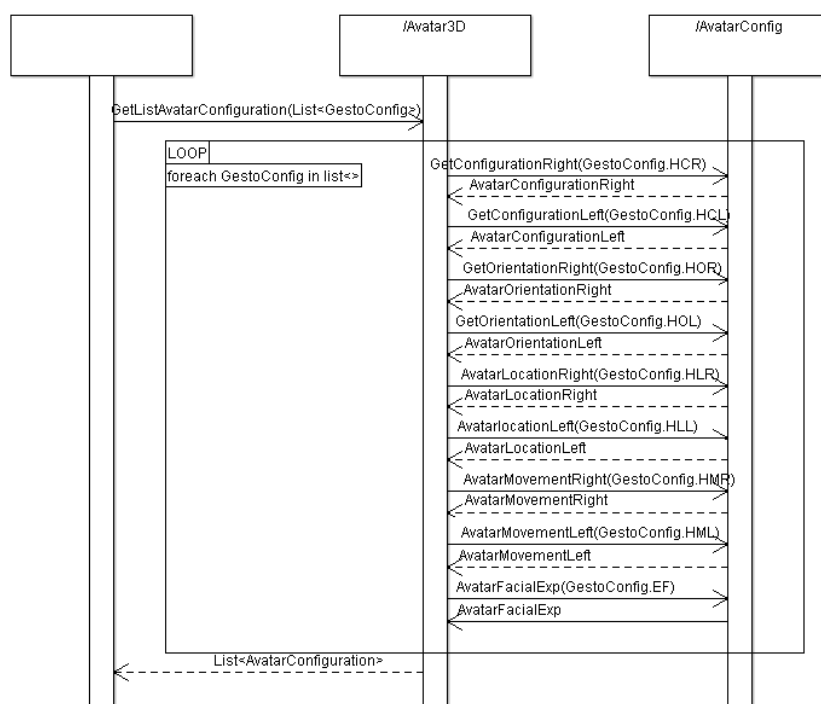


Figura 3.21 - Diagrama de sequência GetAvatarConfiguration do módulo Avatar3D

A descrição da estrutura de base de dados é apresentada de seguida.

### 3.2.6.1.3. Modelação da base de dados

A base de dados denominada *db\_AvatarConfig* proposta pretende armazenar os dados referentes aos vectores de rotação dos vários ossos do esqueleto do modelo. Como já antes mencionado, a determinado parâmetro de configuração do gesto está determinado um conjunto de ossos que permitem realizar o gesto pretendido.

A organização das tabelas da base de dados permite a consulta em função dos parâmetros de configuração do gesto. Desta forma, é proposta a criação de tabelas que, em função do parâmetro da configuração em questão armazene os dados referentes ao respectivo conjunto de ossos.

A Figura 3.22 apresenta o diagrama de tabelas da base de dados que armazena a informação referente aos vectores de rotação dos ossos do avatar.



Figura 3.22 - Diagrama de tabela da base de dados *db\_AvatarConfig*

### 3.2.6.2. *AvatarAnimScript*

A apresentação do processo de tradução para Língua Gestual Portuguesa requer a criação de um ambiente gráfico em 3D onde seja possível introduzir um avatar com capacidade de mobilidade de grande quantidade dos ossos do esqueleto do modelo.

A *class* *AvatarAnimScript* tem a função de animar o modelo do avatar em função de um conjunto de valores dos vectores de rotação dos ossos que o avatar tem que seguir. É proposta a criação de campos da *class* que armazenem a informação das rotações de destino dos vários ossos esqueleto do avatar, para que sirvam de referência de destino ao gestor dos movimentos de rotação dos ossos do modelo.



## 4. Validação

Neste capítulo será descrito o processo levado a cabo para validar a proposta apresentada. Esta proposta descreve uma aplicação informática que apresenta um modelo 3D que executa a tarefa de tradução e gestualização do texto fornecido à aplicação em Língua Gestual Portuguesa. O processo de tradução e apresentação da Língua Gestual Portuguesa no modelo engloba um conjunto de unidades de processamento especializadas com funções distintas. A parte da validação do documento está encarregue de verificar a funcionalidade individual e em conjunto dos vários módulos da aplicação proposta.

A validação do projecto proposto passa pela averiguação da validade dos dados nas comunicações entre os módulos e apreciar, por comparação com videos de gestualizações em LGP recolhidas na referência [4].

## Introdução à Validação

A validação da proposta começou pelo desenvolvimento de um protótipo para prova de conceito. Este desenvolvimento requer que seja utilizada uma ferramenta informática que permita a criação de um ambiente gráfico em 3D onde seja possível introduzir um modelo do corpo humano que tenha a capacidade de animação individual dos ossos do esqueleto do modelo do humano. O modelo utilizado como interprete está disponível para *download* no endereço de internet [6] e recorrendo à aplicação *Blender*, foi possível a manipulação do modelo interprete de forma a que este realize as tarefas pretendidas. A ferramenta escolhida para a animação do interprete foi o Unity3D, que permite o recurso a linguagem de programação em C#. O Unity3D permite de forma simples a criação e interacção de vários objectos em um ambiente gráfico. O facto de possibilitar integrar ficheiros escritos na linguagem C# permite a integração da informação referente à análise do texto e partilha da mesma informação com os ficheiros de animação e gestão do ambiente gráfico em 3D, próprios da ferramenta. O Unity3D dispõe de pequenas utilidades que permitem fazer o *debugging* da aplicação sem necessidade de interromper a execução da mesma. Esta capacidade permitiu recolher a informação utilizada internamente pela aplicação e disponibilizar ao utilizador por uma janela de registos de mensagens de *debugging*.

### 4.1. Módulo LPInterpreter

A validação do módulo LPInterpreter permite verificar a coerência dos dados resultantes da análise morfológica das palavras e análise sintáctica da frase. É solicitado à aplicação que analise os caracteres, as palavras e as frases tendo como frase de exemplo a seguinte:

**“O bacalhau chegou a uma mesa.”**

Os resultados obtidos da análise morfológica das palavras revelou que a análise morfológica é coerente com a gramática portuguesa. O relatório da aplicação com a informação relevante à validação do módulo apresentou os seguintes dados:

O relatório de *debugging* apresenta a seguinte lista de mensagens:

Palavra : <b>O</b>	Palavra : <b>A</b>
Classe : Determinante	Classe : Determinante
SubClasse : Definido	SubClasse : Definido
Numero : Singular	Numero : Singular
Genero : Masculino	Genero : Feminino
Palavra : <b>BACALHAU</b>	Palavra : <b>UMA</b>
Classe : Nome	Classe : Determinante
SubClasse : Comum	SubClasse : Indefinido
Numero : Singular	Numero : Singular
Genero : Masculino	Genero : Feminino
Palavra : <b>CHEGOU</b>	Palavra : <b>MESA</b>
Classe : Verbo	Classe : Nome
Conjugação : PrimeiraConjugacao	SubClasse : Comum
Tempo : PreteritoPerfeito	Numero : Singular
Modo : Indicativo	Genero : Feminino
Numero : Singular	
Pessoa : TerceiraPessoa	

**Tabela 4.1 - Relatório de análise morfológica**

Em relação à classificação da frase o relatório devolveu os seguintes dados:

- 1) Classificação Frase : Declarativa
- 2) ---Nova Frase---

## 4.2. Módulo LP2LGP

A validação do módulo LP2LGP permite verificar se as regras de tradução para LGP são aplicadas. No caso de validação do módulo LP2LGP será averiguado se a execução das regras de tradução de determinantes e nomes implementados estão a ser executadas. Caso a aplicação da regra de tradução seja verificada, podemos concluir que a detecção das classes gramaticais das palavras também é funcional.

As regras de tradução para LGP implementadas pretendem traduzir os determinantes onde não é relevante a marcação do mesmo. Foi também implementada uma regra de tradução de nomes, na marcação do número plural por repetição do gesto e verbos.

Para a validação do módulo LP2LGP foram utilizadas duas frases diferentes, porém com significado parecido de forma a identificar a aplicação da regra de tradução de nomes no plural.

Valor de entrada (string): **O bacalhau chegou a uma mesa. Os bacalhaus chegaram a uma mesa.**

O relatório de *debugging* apresenta a seguinte lista de mensagens:

<b>O Bacalhau chegou a uma mesa.</b>	<b>Os bacalhaus chegaram a uma mesa.</b>
ListPalavra Count : 3 Palavra 1 In list = BACALHAU Palavra 2 In list = CHEGAR Palavra 3 In list = MESA Nova Frase	ListPalavra Count : 5 Palavra 1 In list = BACALHAU Palavra 2 In list = BACALHAU Palavra 3 In list = BACALHAU Palavra 4 In list = CHEGAR Palavra 5 In list = MESA Nova Frase

**Tabela 4.2 - Demonstração de aplicação de regras de tradução para LGP**



É de realçar que as regras de tradução do determinante, verbo e nome foram executadas como previsto. O determinante não tem marcação relevante nesta frase, o verbo está na sua forma infinitivo impessoal, “chegar” e o plural do nome foi identificado, no caso da palavra “bacalhau” e traduzido por repetição dos movimentos do gesto.

### 4.3. Módulo GGLGP

A validação do módulo GGLGP proposto verifica se a transformação da palavra referente a um gesto na Língua Gestual Portuguesa numa lista de configurações do gesto é coerente com a descrição da configuração do gesto. A validação deste módulo passa pela análise da saída do módulo GGLGP quando é fornecida a frase já utilizada nas validações anteriores **“O bacalhau chegou a uma mesa.”**.

O relatório de *debugging* apresenta a seguinte lista de mensagens:

Valor de entrada (string): **O bacalhau chegou a uma mesa.**

Palavra : - Gesto Index : 1 Right Configuration : GarraAberta Right Location : Torax Right Orientation : FrenteTras Left Configuration : GarraAberta Left Location : Torax Left Orientation : FrenteTras	Palavra : - Gesto Index : 5 Right Configuration : LetraR Right Location : Ombros Right Orientation : EsquerdaDireita Left Configuration : Ausente Left Location : Ausente Left Orientation : Ausente
Palavra : - Gesto Index : 2 Right Configuration : GarraFechada Right Location : Torax Right Orientation : FrenteTras Left Configuration : GarraFechada Left Location : Torax Left Orientation : FrenteTras	Palavra : - Gesto Index : 6 Right Configuration : LetraR Right Location : MeioTronco Right Orientation : CimaBaixo Left Configuration : Ausente Left Location : Ausente Left Orientation : Ausente
Palavra : - Gesto Index : 3 Right Configuration : GarraAberta Right Location : Torax Right Orientation : FrenteTras Left Configuration : GarraAberta Left Location : Torax Left Orientation : FrenteTras	Palavra : - Gesto Index : 7 Right Configuration : Sete Right Location : MeioTronco Right Orientation : CimaBaixo Left Configuration : Sete Left Location : MeioTronco Left Orientation : CimaBaixo
Palavra : - Gesto Index : 4 Right Configuration : GarraFechada Right Location : Torax Right Orientation : FrenteTras Left Configuration : GarraFechada Left Location : Torax Left Orientation : FrenteTras	Palavra : - Gesto Index : 8 Right Configuration : Sete Right Location : MeioTronco Right Orientation : CimaBaixo Left Configuration : Sete Left Location : MeioTronco Left Orientation : CimaBaixo

**Tabela 4.3 - Relatório de configuração de gestos**

As quatro primeiras configurações do gesto são referente à palavra “bacalhau”, as duas seguintes, a 5ª e 6ª configuração do gesto referem-se à palavra “chegar”, as duas últimas configurações referem-se à palavra “mesa”.

#### 4.4. Módulo Avatar3D

A validação do módulo Avatar3D passa pela observação da gestualização do modelo interprete adoptado. A análise dos gestos na Língua Gestual Portuguesa realizados pelo interprete e feita por comparação com os gestos gravados em video existentes na referência [4]. A Figura 4.1 apresenta o avatar interprete a realizar uma configuração de gesto.

A validação do módulo Avatar3D implica que o interprete utilizado realize a gestualização da tradução para Língua Gestual Portuguesa da palavra, “Cadeira.”.

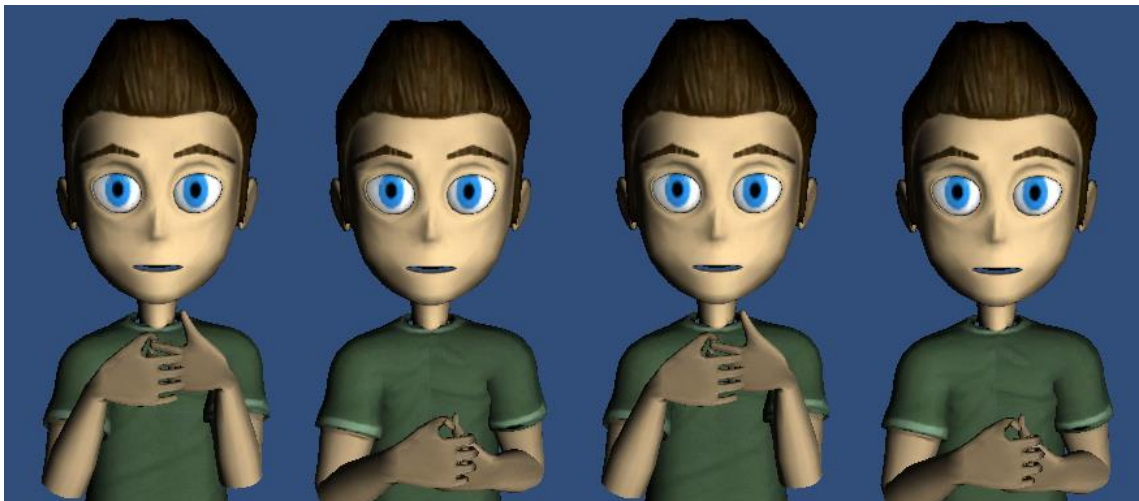


Figura 4.1 - Apresentação do interprete realizando uma configuração do gesto LGP

É agora apresentada uma montagem vídeo da gestualização da frase de validação com recurso aos videos encontrados na referência [4], referentes à tradução da frase para Língua Gestual Portuguesa. A montagem vídeo apresenta a gestualização da seguinte sequência de gestos.

CADEIRA.

## 5. Conclusão e trabalhos futuros

Este trabalho tinha o objectivo de criar uma aplicação informática que se expresse em Língua Gestual Portuguesa representando uma tradução de uma frase fornecida à aplicação escrita em Língua Portuguesa.

Foi proposta uma solução que execute uma análise morfológica e sintáctica do texto do utilizador, tradução desse mesmo texto para Língua Gestual Portuguesa e apresentação com recurso a um modelo humanoide que é o interprete de Língua Gestual Portuguesa.

O processo de validação dos módulos do projecto demonstra que a aplicação proposta é capaz de realizar a tradução de Língua Portuguesa na forma escrita para a Língua Gestual Portuguesa na forma de gestos realizados pelo avatar do projecto.

O processo de interpretação da Língua Portuguesa e tradução para Língua Gestual Portuguesa realizado que tenta servir como prova de conceito, revelou-se capaz de realizar as tarefas pretendidas e apresentar-se como um modelo da Língua Portuguesa. O conceito proposto de modelo da Língua Portuguesa e tradução para Língua Gestual Portuguesa, embora na análise morfológica e sintáctica não sejam contemplados todos os aspectos gramaticais, é capaz de executar a tarefa proposta.

O modelo das frases em Língua Portuguesa analisadas contém toda a informação resultante da análise morfológica e sintáctica. Este modelo da Língua

Portuguesa guarda a informação escrita das frases em Língua Portuguesa, mas também a informação do significado da frase. A análise sintáctica da frase permite identificar os elementos da frase que expressam o sentido da frase, o sujeito da frase e o predicado, a acção existente no contexto da frase.

Em trabalho futuro, o desenvolvimento da análise sintáctica permitirá reconhecer mais aprofundadamente o real significado das frases e utilizar este modelo da Língua Portuguesa como parte integrante em aplicações onde haja necessidade de analisar frases e recolher o significado das mesmas.

Com a massificação das tecnologias baseadas em *Natural User Interface*, a necessidade das aplicações adaptarem-se ao Homem irá requerer a compreensão da Língua falada ou escrita de forma a aumentar significativamente as possibilidades/capacidades de interacção entre a aplicação e o seu utilizador com o objectivo de estabelecer uma conversa entre ambos.

A tradução para Língua Gestual Portuguesa está dependente do resultado da análise morfológica e sintáctica, pois, as regras de tradução são baseadas na classificação morfológica executada no módulo anterior. O facto de o modelo da Língua Portuguesa proposto tenha sido desenvolvido exclusivamente para esta solução cria uma grande ligação de dependência do módulo anterior.

O bloco *Language Expert* pode ser reutilizado em outras aplicações onde seja necessário executar uma transformação da Língua Portuguesa no tipo de dados *string* e resultar uma lista de palavras referentes a um gesto em Língua Gestual Portuguesa na forma de listas de dados *string*. A utilização deste tipo de dados é amplamente utilizada no meio das tecnologias da informação, o que torna este bloco, *Language Expert*, facilmente integrável em outras aplicações. (Aplicações futuras).

O segundo bloco, *Gesture Animation*, apresenta um interprete da Língua Gestual Portuguesa mediante a recepção de uma lista de gestos a serem executados. A lista de gestos recebida, usando o tipo de dados *string*, permite, assim como no bloco *Language Expert*, a fácil integração da solução em outras aplicações.

O módulo GGLGP está associado à Língua Gestual Portuguesa, pelo que, para se adaptar o interprete a outras Língua Gestuais é necessário criar novas *hashtables*, um para cada Língua Gestual.

As tabelas de dispersão, *hashtable*, armazenam a informação referente às configurações do gesto. A adaptação da solução a outras Línguas Gestuais requer que sejam criados novos parâmetros de configuração do gesto, adaptados às diversas Línguas Gestuais e preenchidas as tabelas da base de dados referentes às rotações dos ossos do avatar associados aos novos parâmetros de configuração do gesto.

A utilização do bloco *GestureAnimation* para integração em outras aplicações é possível em Língua Gestual Portuguesa. A sua utilização para interpretar em outras Línguas gestuais é também possível, mediante a criação dos parâmetros de configuração dos novos gestos.

O bloco *GestureAnimation* poderá ser aproveitado para integrar em outras aplicações onde haja a necessidade de apresentar um interprete de uma Língua Gestual. A arquitectura proposta permite à aplicação adaptar-se e actualizar-se de forma simples devido ao facto de a informação crucial de conhecimento, quer da gramática Portuguesa, quer das configurações dos gestos e rotações dos ossos do interprete, estar centralizada em duas bases de dados.

A aplicação proposta poderia ser, numa versão final, utilizada na tradução, recorrendo a um interprete de Línguas Gestuais em uma grande variedade de meios de comunicação baseados na Língua Portuguesa e não só, de forma a integrar a comunidade não-ouvinte.

## 6. Bibliografia e Referências

### Bibliografia

[1] - Para Uma Gramática da Língua Gestual Portuguesa - M<sup>a</sup> Augusta Amaral, Amândio Coutinho, M<sup>a</sup> Raquel Delgado Martins - Editorial CAMINHO - 1994.

[2] - Gestuário Língua Gestual Portuguesa - Ant<sup>o</sup> Vieira Ferreira, Adalberto Fernandes, Sérgio Niza, Raquel Delgado Martins, José Bettencourt, Ana M<sup>a</sup> Silva, Alberto Ferreira - Secretariado Nacional para a Reabilitação e integração das pessoas com deficiência - 1999.

[3] - Guia Prático de Língua Gestual Portuguesa, ouvir o silêncio - Isabel Mesquita, Sandra Silva - Editora Nova Educação - 2009.

[4] - Thomas Lydell-Olsen. 2014. SPREAD THE SIGH - Disponível em <http://www.spreadthesign.com/>

[5] - Língua Gestual Portuguesa. 2014. Disponível em <http://lingua-gestual-portuguesa.blogspot.pt/>

[6] – Blender Swap. 2014. Disponível em [www.blenderswap.com/](http://www.blenderswap.com/)





## 7. Anexos

### 7.1. Tabela dos campos das *classes* do módulo LPInterpreter

<i>Class</i>	Campo	Campos da <i>class</i>
LPCharacter	CharCharacter	Espaço reservado para guardar o caracter utilizado
	CAPSCaracter	Espaço reservado para guarda a <b>letra</b> utilizada na sua forma maiúscula.
	Maiúsculas	Sinalização de presença de letra maiúscula
	Acentuação	Se caracter tem acentuação: Grave, Agudo, Circunflexo, Til. Senão: Ausente.
	Classificação	O tipo de caracter utilizado: Vogal, Consoante, SeparaPalavra, SeparaFrase.
LPPalavra	ListaCaracteres	Lista de <i>classes</i> LPCharacter que compoêm a palavra
	PalavraCAPS	Espaço reservado para a palavra escrita em Maiúsculas. UNIFORMIZADO
	Classe	Espaço reservado para guardar informação referente à classe gramatical da palavra.
	SubClasse	Espaço reservado para armazenar informação da subclasses da palavra.
	Género	Espaço reservado para guardar a informação referente ao género da palavra.
	Número	Espaço reservado para guardar informação referente ao número da palavra
	Pessoa	Espaço reservado para guardar a informação referente à pessoa da palavra.
	Tempo	Espaço reservado para guardar a informação referente ao tempo do verbo.
	Conjugação	Espaço reservado para armazenar informação da conjugação do verbo.
	Modo	Espaço reservado para armazenar informação do modo do verbo.

Class	Campo	Campos da class
LPFrase	ListaPalavras	Lista de <i>classes</i> LPPalavras que compõem a frase
	ClassificaçãoFrase	espaço reservado para guardar informação referente à classificação da frase
	Sujeito	Lista de <i>classes</i> LPPalavra que compõem o sujeito na análise sintática da frase
	Predicado	Lista de <i>classes</i> LPPalavra que compõem o predicado na análise sintática da frase.

**Tabela 7.1 - Tabela de campos das *classes* do módulo LPInterpreter**

## 7.2.Tabela dos métodos das *classes* do módulo LPInterpreter

Class	Método
LPCharacter	+ LPInterpreter(string): List<LPFrase>
	– AnalisaCharacter(char): LPCharacter
	– IsVogal(char):bool
	– IsConsoante(char):bool
	– IsSeparaPalavra(char):bool
	– IsSeparaFrase(char):bool
	– IsGrave(char): bool
	– IsAgudo(char) : bool
	– IsCircunflexo(char) : bool
	– IsTil(char) : bool
	– IsMaiusculas(char) : bool
	– IsLetra(char) : char
LPPalavra	+ ClassificaPalavra(LPPalavra) : LPPalavra
	+ IsDeterminante(LPPalavra) : bool
	+ IsNome(LPPalavra) : bool
	+ IsVerbo(LPPalavra) : bool
	+ IsPlural(LPPalavra) : bool
	+ IsFeminino(LPPalavra) : bool
	– GetPalavraDeterminanteID(string) : integer
	– GetPalavraNomeID(string) : integer
	– GetPalavraVerboID(string) : integer
	– GetGenero(PalavraKey : integer,ClassePalavra) : GeneroPalavra
	– GetPessoa(PalavraKey : integer,ClassePalavra) :PessoaPalavra
	– GetNumero(PalavraKey : integer,ClassePalavra) :NumeroPalavra
	– GetSubClasse(PalavraKey : integer,ClassePalavra) : SubClassePalavra
	– GetConjugação(PalavraKey : integer,ClassePalavra) : ConjugaçãoPalavra
	– GetTempo(PalavraKey : integer,ClassePalavra) : TempoPalavra
	– GetModo(PalavraKey : integer,ClassePalavra) : ModoPalavra
	– GetVerboInfinitoImpessoal(PalavraKey : integer) : string
	– WritePalavraCAPS(LPPalavra) : string
LPFrase	+ ClassificaFrase(char) : LPFrase
	+ DetectPredicado(Frase) : List<LPPalavra>
	+ DetectSujeito(Frase) : List<LPPalavra>

**Tabela 7.2 - Tabela de métodos das *classes* do módulo LPInterpreter**

### 7.3. Tabela das colunas das tabelas das Bases de dados

Classe Gramatical	Identificação coluna	Descrição
Determinante	idDeterminante	(Integer) – Identificação do determinante. – PK –
	GeneroID	(Integer) – Identificação na tabela do género.
	NumeroID	(Integer) – Identificação na tabela do número.
	PessoalID	(Integer) – Identificação na tabela da pessoa.
	SubClasseID	(Integer) – Identificação na tabela do sub-classe.
	PalavraDeterminante	(String) – Palavra escrita do determinante ao qual se refere a informação da tabela.
Nome	idNome	(Integer) – Identificação do determinante. – PK –
	GeneroID	(Integer) – Identificação na tabela do género.
	NumeroID	(Integer) – Identificação na tabela do número.
	PalavraNome	(String) – Palavra escrita do nome ao qual se refere a informação da tabela.
Verbo	idVerbo	(Integer) – Identificação do verbo. – PK –
	NumeroID	(Integer) – Identificação na tabela do número.
	PessoalID	(Integer) – Identificação na tabela da pessoa.
	TempoID	(Integer) – Identificação na tabela do tempo.
	ConjugacaoID	(Integer) – Identificação na tabela da conjugação.
	ModoID	(Integer) – Identificação na tabela do modo.
	PalavraVerbo	(String) – Palavra escrita do verbo ao qual se refere a informação da tabela.
	VerboInfinitoImpessoal	(String) – Palavra escrita do verbo ao qual se refere a informação da tabela na forma infinito impessoal.
Género	idGenero	(Integer) – Identificação do género. – PK –
	Masculino	(bool) – Marcação referente ao género masculino.
	Feminino	(bool) – Marcação referente ao género feminino.
Número	idNumero	(Integer) – Identificação do número. – PK –
	Singular	(bool) – Marcação referente ao número singular.
	Plural	(bool) – Marcação referente ao número plural.
Pessoa	idPessoa	(Integer) – Identificação da pessoa. – PK –
	PrimeiraPessoa	(bool) – Marcação referente à primeira pessoa.
	SegundaPessoa	(bool) – Marcação referente à segunda pessoa.
	TerceiraPessoa	(bool) – Marcação referente à terceira pessoa.

Classe Gramatical	Identificação coluna	Descrição
Sub-Classe	idSubClasse	<b>(Integer)</b> – Identificação da subclasse. – PK –
	ArtigoDefinido	<b>(bool)</b> – Marcação de determinante como definido.
	ArtigoIndefinido	<b>(bool)</b> – Marcação de determinante como indefinido.
	ArtigoPossessivo1Poss	<b>(bool)</b> – Marcação de determinante como possessivo com 1 possuidor.
	ArtigoPossessivoVPoss	<b>(bool)</b> – Marcação de determinante como possessivo com vários possuidores.
	NomeProprio	<b>(bool)</b> – Marcação de nome como próprio.
	NomeComum	<b>(bool)</b> – Marcação de nome como comum.
	NomeColectivo	<b>(bool)</b> – Marcação de nome como colectivo.
	NomeConcreto	<b>(bool)</b> – Marcação de nome como concreto.
	NomeAbstracto	<b>(bool)</b> – Marcação de nome como Abstracto.
Grau	idGrau	<b>(Integer)</b> – Identificação do grau. – PK –
	AumentativoAnalitico	<b>(bool)</b> – Marcação de grau aumentativo analítico.
	AumentativoSintetico	<b>(bool)</b> – Marcação de grau aumentativo sintético.
	DiminutivoAnalitico	<b>(bool)</b> – Marcação de grau diminutivo analítico.
	DiminutivoSintetico	<b>(bool)</b> – Marcação de grau diminutivo sintético.
Modo	idModo	<b>(Integer)</b> – Identificação do modo. – PK –
	Indicativo	<b>(bool)</b> – Marcação de modo indicativo no verbo.
	Imperativo	<b>(bool)</b> – Marcação de modo imperativo no verbo.
	InfinitoImpessoal	<b>(bool)</b> – Marcação de modo Infinito impessoal no verbo.
	Participio	<b>(bool)</b> – Marcação de modo participio no verbo.
Tempo	idTempo	<b>(Integer)</b> – Identificação do tempo. – PK –
	Presente	<b>(bool)</b> – Marcação de tempo presente no verbo.
	PreteritoImperfeito	<b>(bool)</b> – Marcação de tempo pretérito imperfeito no verbo.
	PreteritoPerfeito	<b>(bool)</b> – Marcação de tempo pretérito perfeito no verbo.
	PreteritoMaisQPerfeito	<b>(bool)</b> – Marcação de tempo pretérito mais que perfeito no verbo.
	Futuro	<b>(bool)</b> – Marcação de tempo futuro no verbo.
Conjugação	idConjugação	<b>(Integer)</b> – Identificação da conjugação. – PK –
	ARPrimeiraConjugacao	<b>(bool)</b> – Marcação da primeira pessoa no verbo.
	ERSegundaConjugacao	<b>(bool)</b> – Marcação da segunda pessoa no verbo.
	IRTerceiraConjugacao	<b>(bool)</b> – Marcação da terceira pessoa no verbo.

**Tabela 7.3 - Tabela de colunas das tabelas das Bases de Dados**

#### 7.4. Tabela dos campos da *class* do módulo LP2LGP

Campo da <i>class</i>	Tipo de dados	Descrição do campo
ListaPalavrasLGPFrases	List<String>	Lista de string que representam o resultado da tradução para LGP.
ListaFrasesLP	List<String>	Lista de LPFrases com informação enviada pelo módulo LPInterpreter.
ClassificaçãoFrase	ClassificaçãoFrase	Classificação da frase para determinação de expressão facial ou corporal.

Tabela 7.4 - Tabela dos campos da *class* do módulo LP2LGP

#### 7.5. Tabela dos métodos das *classes* do módulo LP2LGP

Classe Gramatical	Método de tradução
Nome	– TradNomeGeneroPrefixação(LPPalavra) : string
	– TradNomeNumeroPluralIncorporação(LPPalavra):string
	– TradNomeNumeroPluralNumeral(LPPalavra) : string
	– TradNomeNumeroPluralRepetição(LPPalavra):string
	– TradNomeNumeroPluralRedobro(LPPalavra) : string
Determinante	– TradDeterminante(LPPalavra) : string
Pronomes Pessoais	– TradPronomePessoal(LPPalavra) : string
Numeral	– TradNumeral(LPPalavra) : string
Verbo	– TradTempoVerbal(LPPalavra) : string
+ TraduzFrase(List<LPFrase>) : List<List<string>>	

Tabela 7.5 - Tabela de métodos das *classes* do módulo LP2LGP